

**MATHEUS PALMA CRUZ**

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DOS  
IMPACTOS ECONÔMICOS ASSOCIADOS A  
PROBLEMAS DE QUALIDADE DE ENERGIA**

**FLORIANÓPOLIS  
2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DOS  
IMPACTOS ECONÔMICOS ASSOCIADOS A  
PROBLEMAS DE QUALIDADE DE ENERGIA**

Dissertação submetida à  
Universidade Federal de Santa Catarina  
como parte dos requisitos para a  
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

**MATHEUS PALMA CRUZ**

Florianópolis, Setembro de 2007.

# **METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS ASSOCIADOS A PROBLEMAS DE QUALIDADE DE ENERGIA**

Matheus Palma Cruz

‘Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em *Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica*, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.’

---

Prof. Jorge Coelho, D.Sc.  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Kátia Campos de Almeida, Ph.D.  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

---

Prof. Jorge Coelho, D.Sc.  
Presidente

---

Prof. C. Celso Brasil Camargo, D.Eng.

---

Prof. Hans Helmut Zürn, D. Eng.

---

Prof. Renato Cislighi, M. Eng.

*Aos meus pais,  
por todo apoio e incentivo.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Para algumas delas, realço meus agradecimentos:

Ao professor Jorge Coelho, pela dedicação na orientação deste trabalho e pelo compromisso com as atividades acadêmicas.

À professora Cecília Helena Magalhães, pelas valiosas contribuições e paciência em esclarecer minhas dúvidas no decorrer do trabalho.

A todos os professores responsáveis pela minha educação profissional e pessoal. Em especial, aos professores Celso Camargo, Edson Luiz da Silva, Hans Helmut Zürn e Ildemar Decker.

Ao professor Renato Cislighi e ao colega Diego Brancher, pela ajuda e contribuições prestadas no decorrer da pesquisa e da escrita da dissertação.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica – LABPLAN, pelo convívio harmonioso e agradável. Em especial, os grandes amigos, feitos desde o início do mestrado, Fabrício Takigawa, Otávio Vaz, Raphael Gonçalves, Rodrigo Soria e Walério Moreira, pela amizade e companheirismo. Aos amigos, Alexandre Zucarato, Daniel Dotta, Diego Issicaba, Edison Aranha, Eduardo Gaulke, Ederson Costa, Erlon Finardi, Everthon Sica, Fabiano Andrade, Gustavo Arfux, Leandro Aguiar, Marcelo Agostini, Marcelo Santos, Maurício Sperandio, Moisés Santos, Rafael Rodrigues e Vitor Matos, pelas conversas e momentos de descontração.

Ao Dilcemar de Paiva Mendes, Christiano Vieira da Silva e demais colegas da ANEEL, pelo apoio e incentivo nos momentos finais da dissertação.

Aos meus pais, Osvaldo e Miriam, meus irmãos, Murillo e Mariana, por tudo, formação, estímulo, amor e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior pelo apoio financeiro durante grande parte do mestrado.

Resumo da Dissertação apresentada à UFSC como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

## **METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS ECONÔMICOS ASSOCIADOS A PROBLEMAS DE QUALIDADE DE ENERGIA**

**Matheus Palma Cruz**

Setembro/2007

Orientador:	Prof. Jorge Coelho, D. Sc.
Área de Concentração:	Sistemas de Energia Elétrica
Palavras-Chave:	Custo de Interrupção, Confiabilidade, Qualidade de Energia Elétrica, Pesquisa Junto ao Consumidor.
Número de Páginas:	153

A evolução tecnológica dos equipamentos elétricos e o conseqüente aumento da sensibilidade dos processos desempenhados pelos consumidores têm contribuído para tornar mais rígidos os requisitos de qualidade da energia elétrica fornecida. Nesse sentido, o presente trabalho está focado no desenvolvimento de uma metodologia para avaliar os impactos econômicos ocasionados por problemas relacionados à qualidade da energia elétrica, em especial, interrupções no fornecimento. Dentre as metodologias utilizadas para tal propósito, destaca-se o método de pesquisa junto ao consumidor, que tem a função de avaliar a valoração e a percepção do consumidor quanto à qualidade do suprimento de energia. A metodologia proposta, baseada em pesquisa junto ao consumidor, avalia os prejuízos sofridos por consumidores industriais, comerciais e residenciais, por meio de questionários específicos para cada um destes grupos. O consumidor é solicitado a estimar os impactos ocasionados por distúrbios elétricos através de questionamentos que procuram abordar de forma qualitativa e quantitativa, aspectos relacionados às características do consumidor pesquisado, como ramo de atividade, tipo e tamanho do consumidor, eletrodependência e também às características dos distúrbios, como duração, frequência e período de ocorrência. Este conhecimento acerca dos impactos sofridos pelos consumidores em virtude das perturbações no fornecimento é necessário para fundamentar o planejamento dos sistemas elétricos e auxiliar o processo de tomada de decisão tanto da concessionária de distribuição quanto do próprio consumidor.

Abstract of Dissertation presented to UFSC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Electrical Engineering.

## **METHODOLOGY FOR ASSESSMENT OF ECONOMIC IMPACTS RELATED TO POWER QUALITY PROBLEMS**

**Matheus Palma Cruz**

September/2007

Advisor:	Jorge Coelho, D.Sc.
Area of Concentration:	Power System
Keywords:	Interruption Cost, Reliability, Power Quality, Customer Survey.
Number of Pages:	153

The technological evolution of electric equipment increased the sensitivity of processes developed by the costumers and contributed to make stricter the requirements of the quality of the supplied energy. Thus, the present work focuses on the development of a methodology to assess the economic impacts caused by problems related to power quality, especially, supply interruptions. The method of customer surveys distinguishes itself among the methodologies used for such intention. Its purpose is to assess the evaluation and perception of the customers regarding the energy supplying quality. The proposed methodology, based on costumer surveys, evaluates the costs and losses suffered by industrial, commercial and residential costumers, through the utilization of specific questionnaires developed for each of these groups. The costumer is asked to estimate the impacts caused by electric disturbances through questionings which try to consider in a qualitative and quantitative form, aspects related to the researched customer characteristics, such as economic activity, type and size of the customer, electric dependence and also disturbances characteristics, such as duration, frequency and period of occurrence. This knowledge about the impacts suffered by the customers due to power outages is necessary to embase the planning process of electrical systems and contribute to the decision making process by the utility company or the customer.

# SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>viii</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>ix</b>
<b>Capítulo 1 Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 Considerações Gerais.....	1
1.2 Justificativa e Objetivos da Dissertação .....	4
1.3 Organização do Trabalho.....	6
<b>Capítulo 2 Estudos Desenvolvidos para Avaliar os Custos Relacionados à Qualidade de Energia.....</b>	<b>7</b>
2.1 Considerações Iniciais .....	7
2.2 Visão do Consumidor .....	8
2.3 Visão da Concessionária.....	10
2.4 Aspectos Regulatórios .....	11
2.4.1 Continuidade da Distribuição .....	11
2.4.2 Conformidade dos níveis de tensão .....	15
2.4.3 Ressarcimento de Danos em Equipamentos Elétricos .....	17
2.5 Metodologias.....	18
2.5.1 Métodos Analíticos Indiretos.....	19
2.5.2 Pesquisas Junto ao Consumidor.....	21
2.6 Considerações Finais .....	55
<b>Capítulo 3 Metodologia Proposta.....</b>	<b>57</b>
3.1 Considerações Iniciais .....	57
3.2 Método de Pesquisa .....	58
3.2.1 Etapas da Pesquisa .....	60
3.3 Classes Consideradas.....	62
3.4 Questionário Desenvolvido.....	64
3.4.1 Cenários Considerados.....	67
3.4.2 Definição dos Custos Considerados.....	68
3.4.3 Critérios de Definição da Amostra .....	71
3.4.4 Consumidores Industriais.....	73



3.4.5	Consumidores Comerciais .....	90
3.4.6	Consumidores Residenciais .....	92
3.5	Compilação dos Dados .....	100
3.5.1	Função de Dano ao Consumidor (CDF) .....	101
3.5.2	Função de Dano ao Consumidor por Setor (SCDF) .....	102
3.5.3	Função Composta de Dano ao Consumidor (CCDF) .....	103
3.5.4	Estimação de Índices.....	104
3.6	Considerações Finais .....	105
<b>Capítulo 4 Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros .....</b>		<b>108</b>
4.1	Conclusões .....	108
4.2	Limitações da Metodologia Proposta.....	111
4.3	Sugestões para Trabalhos Futuros .....	112
<b>Anexo A - Questionários Desenvolvidos .....</b>		<b>114</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>		<b>143</b>

## **Lista de Figuras**

Figura 1 – Comparação entre os resultados de 1980 e 1991 para o setor residencial .....	47
Figura 2 – Comparação entre os resultados de 1980 e 1991 para o setor comercial.....	47
Figura 3 – Comparação entre os resultados de 1980 e 1991 para o setor industrial .....	47
Figura 4 – Consumo de energia no Brasil .....	62
Figura 5 – Processo de Elaboração de um Questionário .....	66
Figura 6 – Custos considerados na pesquisa para os setores industrial, comercial e residencial.....	71

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Curva de custo do déficit .....	20
Tabela 2 – Custos médios de interrupção por região para os consumidores residenciais (em 05/1989) .....	25
Tabela 3 – Custos médios de interrupção (US\$/kWh em 12/1990) para os consumidores comerciais .....	25
Tabela 4 – Custos médios de interrupção (US\$/kWh em 12/1990) para os consumidores industriais .....	26
Tabela 5 – Custos médios de interrupção (US\$/kWh) utilizando valores médios nacionais .....	26
Tabela 6 – Custos de Interrupção do Estado de São Paulo .....	29
Tabela 7 – Atividades industriais consideradas por Melo e Cavalcanti (2003) .....	31
Tabela 8 – Avaliação Financeira dos Problemas de Qualidade de Energia .....	34
Tabela 9 – Custos médios de interrupção por região para os consumidores residenciais em 12/2004 .....	35
Tabela 10 – Custos médios de interrupção (US\$/kWh em 12/2004) para os consumidores comerciais e industriais .....	35
Tabela 11 – Estratificação da amostra por segmento (setor e tamanho da empresa) .....	37
Tabela 12 – Cenários considerados na pesquisa .....	39
Tabela 13 – Informações da Pesquisa .....	43
Tabela 14 – Estimação de custos para o setor rural (C\$ em 1985) .....	45
Tabela 15 – Estimação de custos para o setor residencial (C\$ em 1980) .....	45
Tabela 16 – Estimação de custos para o setor comercial (C\$ em 1980) .....	45
Tabela 17 – Estimação de custos para o setor industrial (C\$ em 1980) .....	46
Tabela 18 – Estimação de custos para grandes consumidores (C\$ em 1980) .....	46
Tabela 19 – Custo de interrupção (AU\$/kWh) para os quatro setores da Austrália .....	50
Tabela 20 – Custo de interrupção (SR/kWh) para os setores pesquisados na Arábia Saudita em 1991 .....	52
Tabela 21 – Custo de interrupção (SR/kW) para o setor residencial na Arábia Saudita em 1995 .....	52
Tabela 22 – Custo de interrupção (DKK/kW em 1993) para os setores pesquisados na Dinamarca .....	53
Tabela 23 – Resultados da pesquisa de 1994 realizada na Dinamarca (DKK/kW em 1993) .....	53
Tabela 24 – Custo de interrupção (Rials/kW) para os setores pesquisados no Iran .....	54
Tabela 25 – Resultados da pesquisa realizada na Suécia (SEK/kW em 1994) .....	54
Tabela 26 – Comparação entre grandes consumidores industriais (SEK/kW em 1994) .....	55

# Capítulo 1

## Introdução

---

### 1.1 Considerações Gerais

A evolução tecnológica dos equipamentos elétricos utilizados nos diversos segmentos de atividade, seja industrial, comercial ou residencial, aliada às exigências do novo modelo do setor elétrico brasileiro tem contribuído para tornar mais rígidos os requisitos de qualidade para o fornecimento de energia. Diante disso, é crescente a preocupação e interesse, tanto das empresas concessionárias dos serviços de eletricidade, quanto dos consumidores finais, a respeito da influência da qualidade da energia elétrica sobre os equipamentos e processos.

Segundo Dugan *et al.* (2002), existem quatro razões principais que contribuem para o progressivo interesse sobre o assunto:

1. Os equipamentos elétricos atuais, muitos deles com sistemas controlados através de microprocessadores e outros componentes eletrônicos estão mais sensíveis às variações da qualidade da energia do que os equipamentos usados no passado.
2. A crescente ênfase na melhoria da eficiência dos sistemas de potência com o objetivo de obter ganhos de produtividade, tem resultado em um contínuo crescimento na variedade de equipamentos de alta eficiência, motores com sistemas de ajuste de velocidade e capacitores para a correção de fator de potência, visando a redução de perdas. O resultado dessas ações contribui para aumentar os níveis de harmônicas nos sistemas de potência, e muitos engenheiros começam a se preocupar com o impacto futuro dessas mudanças sobre o desempenho dos sistemas.

3. Cresce igualmente a conscientização dos usuários finais de energia elétrica a respeito dos problemas relacionados com a qualidade da energia. Os consumidores estão se tornando mais bem informados a respeito de assuntos como interrupções de fornecimento, variações de tensão de curta duração (*sag* e *swell*) e transitórios provocados por chaveamentos, e estão interpelando as concessionárias dos serviços de eletricidade no sentido de que seja melhorada a qualidade da energia fornecida. É, no entanto, importante que os consumidores também se conscientizem de que a qualidade da energia depende não só da concessionária, mas também do tipo de carga ligada ao sistema.

4. Muitos sistemas estão agora interconectados em rede. Processos integrados significam que uma falha em qualquer componente tem uma consequência muito mais importante agora, que no passado, quando os sistemas eram isolados.

Além dos motivos citados acima, pode-se ressaltar a importância da qualidade da energia como um fator diferencial para promover desenvolvimentos regionais, juntamente com incentivos fiscais, meios de transporte, proximidade entre matéria prima e centros consumidores, etc. Está se transformando também num fator de competitividade, sendo que as empresas de energia deverão oferecer contratos diferenciados, em função dos requisitos de qualidade da energia exigidos pelos processos dos consumidores (Leborge, 2003).

Contudo, o fornecimento de energia com uma qualidade adequada que atenda as necessidades e expectativas do consumidor não é responsabilidade exclusiva da concessionária. Os consumidores finais são também responsáveis por introduzir distúrbios no sistema, devido à qualidade de suas instalações elétricas e ao conectar cargas não lineares, visando obter aumentos de produtividade e eficiência.

A falta de energia ou sua qualidade inadequada ao funcionamento dos equipamentos elétricos pode ocasionar perdas na produção, paradas nos processos, perdas de insumos, de oportunidades de negócios, de lazer, custos associados à mão de obra, reparos de equipamentos danificados e conseqüentemente acarretar em custos monetários para os consumidores e concessionárias.

Diante disso, se faz necessário levantar e analisar dados e informações a respeito dos custos associados a problemas de qualidade de energia, pois esta quantificação dos prejuízos econômicos irá permitir um melhor auxílio à tomada de decisão por parte da concessionária. Estas decisões relacionam-se ao processo de otimização na aplicação dos recursos financeiros e tecnológicos na ampliação e manutenção do sistema elétrico. Por

parte do consumidor, a correta avaliação dos custos e suas conseqüências nos processos irá permitir uma adequação de seus procedimentos e instalações, de modo a minimizar estes possíveis custos.

Os distúrbios relacionados aos problemas no fornecimento de energia provocam prejuízos econômicos aos consumidores cujo grau de profundidade depende tanto das características próprias do consumidor (tipo e tamanho do consumidor, ramo de atividade, dependência da energia), quanto das características dos distúrbios (duração, frequência, momento da ocorrência, existência de comunicação prévia). Se o consumidor for do setor comercial, por exemplo, os prejuízos resultam da perda de negócios ou vendas, perdas por equipamentos e bens danificados, alimentos e produtos estragados, entre outros. No caso de um consumidor industrial, o custo de uma parada em seu processo produtivo resulta na perda de produção, parada nos processos, danos em equipamentos e instalações, matérias primas ou produtos finais estragados ou danificados, ociosidade forçada da mão de obra, operação de equipamentos de emergências, dentre outros (Coelho, 2000). Os consumidores residenciais sofrem impactos advindos da perda de produtos alimentícios, eletrodomésticos danificados e impossibilidade de realização de atividades domésticas e de lazer.

A dificuldade em determinar os prejuízos econômicos incorridos aos clientes em função dos problemas relacionados à qualidade de energia está em que, por um lado, existem custos de difícil quantificação e, por outro, a valorização distinta que os clientes fazem do produto serviço-eletricidade segundo os objetivos associados ao seu uso final da energia. Então, estes custos diferem para consumidores residenciais, industriais e comerciais, possuem diferenças dependendo da hora do dia em que o distúrbio ocorre, dia da semana e período do ano, se este é precedido de algum aviso por parte da concessionária, se os consumidores são urbanos ou rurais e sobretudo, diferem quanto à sensibilidade do consumidor em relação à qualidade de energia.

Do ponto de vista do consumidor, a eletricidade é um meio intermediário através do qual pode-se obter uma utilização final. Deste modo, o consumidor importa-se com os produtos e aplicações advindos do uso final da energia, proporcionado através de sua conversão por meio de equipamentos específicos.

Os consumidores requerem energia para satisfazer suas necessidades de uso final e o valor atribuído a ela está intimamente relacionado às suas necessidades de quantidade e qualidade. A relativa importância dada a estas duas características varia de consumidor para consumidor dependendo de seus interesses e necessidades individuais, contudo todos

eles desejam ter a quantidade requerida sempre disponível e atendendo certos padrões de qualidade.

Existem vários métodos utilizados para avaliar os impactos associados à qualidade de energia. Estes podem ser agrupados em três grandes categorias (Wacker e Billinton, 1989; CIGRE, 2000, 2001; Billinton *et al.*, 2002; Chowdhury e Koval, 2004):

- Avaliações analíticas indiretas;
- Estudos de casos de blecautes;
- Pesquisas junto ao consumidor.

A obtenção dos dados de custos de restrição do serviço elétrico, por qualquer dos métodos, resulta em uma tarefa complexa e subjetiva. No entanto, a abordagem considerada pela literatura como sendo mais indicada para determinação destes custos, principalmente para consumidores comerciais e industriais, consiste do método de pesquisa junto ao consumidor (Subramaniam, 1993a).

## 1.2 Justificativa e Objetivos da Dissertação

A finalidade básica de um sistema elétrico é o atendimento aos consumidores dentro de padrões de qualidade, continuidade, adequação ao uso, incluindo respeito ao meio ambiente, e segurança aceitáveis, ao menor custo global possível.

Evidentemente que apesar de todos os esforços que venham a ser realizados, o sistema sempre estará sujeito a problemas que podem levar a perturbações no fornecimento de energia aos consumidores, sendo portanto, importante que se entendam os problemas ocasionados por estas perturbações, bem como os custos associados. No setor elétrico, os custos são bem conhecidos por parte das empresas concessionárias de energia elétrica. Deslocando-se porém, para o lado do consumidor, a questão pode ser bem mais complexa. Como a energia elétrica é um insumo para cada um dos consumidores, a sua falta pode provocar diversos transtornos. É, portanto, importante que se saiba quanto custam os distúrbios no fornecimento para cada tipo de consumidor, de modo que se possa determinar até que ponto é interessante melhorar a confiabilidade de suprimento em função dos custos de investimentos e de problemas associados à qualidade de energia (Gomes e Schilling, 1997).

Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de uma metodologia adequada, transparente e com objetivos claros e bem definidos a respeito dos procedimentos e o modo de obtenção dos custos e impactos ocasionados por distúrbios no fornecimento de energia.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo fundamental, apresentar uma metodologia para avaliação e dimensionamento dos impactos econômicos associados a problemas de qualidade de energia.

A correta valoração destes impactos através da utilização da metodologia proposta irá permitir o alcance de uma série de objetivos secundários. Dentre eles:

- Disponibilizar uma ferramenta eficaz para o processo de otimização do planejamento da expansão, operação e manutenção do sistema elétrico por parte da concessionária de distribuição;
- Melhorar a qualidade do serviço fornecido, identificar pontos críticos no sistema e apoiar a política de investimentos na adequação da qualidade dos serviços;
- Conhecer a realidade do sistema, no tocante aos custos referentes a qualidade de energia;
- Subsidiar a concessionária nos questionamentos jurídicos relativos ao mercado e fornecimento de energia aos consumidores;
- Auxiliar o consumidor na definição de melhorias na confiabilidade de suas instalações através da possibilidade de realizar uma análise de custo-benefício entre o custo da solução e o prejuízo causado pelo distúrbio;
- Obter indicadores econômicos associados aos custos dos distúrbios, em substituição aos índices atuais;
- Auxiliar na determinação de políticas e estratégias operacionais, como procedimentos de emergência, de corte ou restauração de carga;
- Avaliar a percepção e o nível de satisfação dos consumidores quanto aos serviços prestados, qualidade do atendimento, percepção em relação as causas dos problemas, etc;
- Auxiliar à estipulação das penalidades e atualização dos critérios de continuidade e conformidade, por parte do órgão regulador;
- Contribuir no gerenciamento dos custos para garantir a continuidade no fornecimento de energia ao mercado em um ambiente competitivo;
- Realizar estudos de alocação ótima de dispositivos de chaveamento;



- Incorporar o custo de interrupção na análise da confiabilidade de sistemas de distribuição;
- Estabelecer equações de custo de interrupção em função de variáveis, tais como: região, ramo de atividade, consumo de energia elétrica, número de empregados do consumidor, duração da interrupção, etc.

### 1.3 Organização do Trabalho

A presente dissertação está dividida em quatro capítulos, mantendo uma sequência lógica e coerente conforme descrito abaixo:

O Capítulo 1 apresentou uma visão geral sobre a importância do fornecimento de energia com qualidade adequada, bem como as justificativas e objetivos para a realização do trabalho proposto.

No Capítulo 2 são apresentados os pontos de vista de consumidores e concessionárias acerca dos aspectos relacionados à qualidade do suprimento, aspectos regulatórios envolvidos na qualidade dos serviços, assim como os principais trabalhos e metodologias desenvolvidas nacional e internacionalmente para avaliação dos prejuízos ocasionados por interrupções e outros problemas relacionados ao fornecimento de energia elétrica.

Por sua vez, o Capítulo 3 propõe uma metodologia para cálculo dos custos de interrupção e outros distúrbios associados ao fornecimento de energia, através do método de pesquisa junto ao consumidor. A metodologia proposta foi desenvolvida a partir da verificação e análise de trabalhos e pesquisas realizadas principalmente, a partir da década de 80, onde os distúrbios no fornecimento passaram a receber grande atenção e despertar o interesse de agentes e instituições do setor elétrico.

Por fim, no Capítulo 4, são apresentadas e discutidas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

# **Capítulo 2**

## **Estudos Desenvolvidos para Avaliar os Custos Relacionados à Qualidade de Energia**

---

O presente capítulo apresenta os principais estudos desenvolvidos em diversos países, com o objetivo de avaliar os prejuízos associados a problemas no fornecimento de energia elétrica.

São apresentados ainda, os pontos de vista de consumidores e concessionárias acerca dos aspectos relacionados à qualidade do suprimento e os aspectos regulatórios envolvidos na qualidade dos serviços prestados.

### **2.1 Considerações Iniciais**

O planejamento da expansão e operação dos sistemas elétricos tem como finalidade primordial, atender os consumidores com níveis adequados de qualidade nos serviços prestados.

O nível de qualidade adequado pode ser obtido através de investimentos e da correta operação e manutenção do sistema elétrico, de modo a encontrar uma relação ótima entre qualidade e custo. Nesse sentido, o consumidor está disposto a aceitar determinados

níveis de descontinuidade desde que os impactos sofridos sejam mínimos e condizentes com os custos do serviço prestado.

De modo geral, a evolução da legislação vem buscando garantir os direitos dos consumidores e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), como órgão regulador e fiscalizador do setor elétrico brasileiro tem contribuído para criar novas normas e adaptar a legislação do setor aos novos requisitos de qualidade dos serviços.

As concessionárias de distribuição são sensibilizadas através da aplicação de penalidades por parte da ANEEL, quando os índices de desempenho relativos à continuidade não são respeitados.

Assim, os custos devidos a problemas no fornecimento de energia elétrica podem ser analisados sob o ponto de vista do consumidor que incorre em prejuízos com a falta de energia elétrica na sua residência ou negócio e sob o ponto de vista da concessionária, que sofre perdas de faturamento em função da energia não suprida, além de outros prejuízos (ABRADEE, 2002).

## **2.2 Visão do Consumidor**

Na visão do consumidor, a energia elétrica de boa qualidade é aquela que garante o funcionamento contínuo, seguro e adequado dos equipamentos elétricos e processos associados. Os consumidores requerem energia, simplesmente, para realizar seus trabalhos, no momento em que necessitarem.

Então, sob o ponto de vista do consumidor, a missão e finalidade das empresas fornecedoras de energia é de satisfazer suas necessidades tanto quanto possível, dentro de certas restrições de custo razoáveis. Sendo que o custo é também um fator de extrema importância aos consumidores e por isso, tanto eles quanto os fornecedores, devem ponderar seu planejamento e desejos em relação à qualidade de energia e confiabilidade do sistema, dentro do que é possível de ser realizado considerando restrições econômicas.

A conscientização dos consumidores é crescente quanto à exigência de seus direitos e em relação aos níveis de qualidade dos serviços. A origem deste comportamento é uma tendência mundial e está associada a diversos fatores, dentre eles, técnicos, econômicos, regulatórios, políticos e culturais.

O custo das imperfeições no fornecimento de energia pode ser assumido como o valor ou benefício do serviço confiável para a sociedade. A confiabilidade ótima é atingida

quando o custo marginal para sua obtenção equivale a uma redução marginal do custo dos distúrbios. Os custos variam de acordo com o ponto do sistema e com o perfil dos consumidores conectados naquele ponto.

Os custos incorridos pelo consumidor em função das interrupções podem ser diretos ou indiretos.

Segundo Munasinghe (1979), *apud* Santos (1988), os custos indiretos estão relacionados com os efeitos a longo prazo, de uma expectativa por parte dos consumidores quanto ao nível futuro da qualidade e continuidade de serviço fornecido pela concessionária de energia elétrica.

Os custos envolvidos com modificações dos processos produtivos de forma a torná-los menos suscetíveis a interrupções de energia elétrica, os custos de aquisição de equipamentos de emergência, bem como quaisquer outros gastos destinados a reduzir os prejuízos provocados por interrupções podem ser, desta forma, classificados como custos indiretos.

Na determinação dos custos diretos causados pelas interrupções, devem ser considerados diversos fatores que, levantados a partir da realização de pesquisas diretas junto aos consumidores, devem procurar refletir ao máximo as situações comumente encontradas quando as indústrias são atingidas por falhas no seu suprimento de energia elétrica.

Os distúrbios podem ser classificados com base em sua frequência, duração e como se deu o corte; de forma intempestiva (não programada) ou com aviso prévio, sendo que os prejuízos associados às interrupções sem aviso prévio são sensivelmente maiores quando comparados aos prejuízos causados pela interrupção programada.

Os custos dos distúrbios são influenciados pela natureza das atividades do consumidor e sua dependência em relação à energia elétrica. Esta dependência relaciona-se essencialmente, às dificuldades em retornar à operação normal após a ocorrência do distúrbio, características de demanda e comportamento diário, semanal e mensal de consumo (ABRADEE, 2002).

### 2.3 Visão da Concessionária

Na visão da concessionária, os custos decorrentes de problemas no fornecimento de energia são os seguintes:

- Perdas de faturamento associadas à energia não suprida;
- Custos de reparos e manutenção no sistema para restabelecimento do serviço;
- Multas impostas pela ANEEL quando a empresa não cumpre as metas de continuidade;
- Ressarcimento de prejuízos causados a consumidores;
- Gastos com campanhas publicitárias para melhoria de imagem junto a seus clientes;
- Redução de lucros associados à energia gerada pelos próprios consumidores.

A perda de faturamento associada à energia não suprida pode ser calculada através do produto entre a tarifa da energia (R\$/kWh) e o montante (kWh) não fornecido, sendo que este valor é pouco significativo em relação às perdas sofridas pelos consumidores.

Uma grande preocupação das concessionárias, considerando a limitação dos recursos disponíveis, é identificar e definir os investimentos prioritários a serem realizados, de forma a otimizar os resultados e buscar o equilíbrio entre o custo efetivo e a qualidade de serviço. Qualidade esta, que corresponde à confiabilidade, disponibilidade, conformidade da tensão de fornecimento e o atendimento adequado ao consumidor.

Vale ressaltar ainda que a empresa toma suas decisões de investimentos na manutenção ou melhoria da qualidade de serviço, baseada na comparação entre os investimentos necessários e os valores a serem desembolsados sob a forma de multas e indenizações aos consumidores.

Por isso, o órgão regulador tem fundamental importância no sentido de incentivar a eficiência produtiva das empresas através de mecanismos de controle da qualidade. Este tem a função de estabelecer a aplicação de penalidades até o nível em que gastos com investimentos para sanar as falhas de produto, serviço e atendimento correspondam ao valor a ser gasto com multas (ABRADEE, 2002).

## 2.4 Aspectos Regulatórios

Toda concessão de um serviço público, como é o caso da distribuição de energia elétrica, pressupõe a prestação de serviços adequados, que satisfaçam as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na prestação do serviço e modicidade das tarifas, conforme previsto no respectivo contrato de concessão e na Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995.

Sendo assim, no que concerne aos aspectos regulatórios, compete à ANEEL regular os serviços de energia elétrica, expedindo os atos necessários ao cumprimento das normas estabelecidas pela legislação em vigor, estimulando a melhoria do serviço prestado e zelando pela boa qualidade, observando o disposto na legislação vigente de proteção e defesa do consumidor (Decreto nº 2.335, de 06 de outubro de 1997).

A Resolução ANEEL nº 24, de 27 de janeiro de 2000, a Resolução ANEEL nº 505, de 26 de novembro de 2001 e os Procedimentos de Rede (ONS, 2007) estabelecem as disposições relativas à qualidade dos serviços de energia elétrica.

Já a Resolução Normativa nº 61, de 29 de abril de 2004, estabelece as disposições relativas ao ressarcimento de danos elétricos em equipamentos instalados em unidades consumidoras, decorrentes de perturbação ocorrida no sistema elétrico.

### 2.4.1 Continuidade da Distribuição

As disposições relativas à continuidade da distribuição de energia elétrica, nos seus aspectos de duração e frequência, a serem observadas pelas concessionárias de serviço público de energia elétrica às unidades consumidoras são estabelecidas pela Resolução ANEEL nº 24, de 2000.

Esta continuidade é supervisionada, avaliada e controlada pela ANEEL, por meio de indicadores coletivos que expressam os valores vinculados a conjuntos de unidades consumidoras, bem como indicadores individuais associados a cada unidade consumidora.

Os indicadores coletivos são definidos como:

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca(i).t(i)}{Cc} \quad (2.1)$$

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^k Ca(i)}{Cc} \quad (2.2)$$

Onde:

- DEC*: Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora, expressa em horas e centésimos de hora;
- FEC*: Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora expressa em número de interrupções e centésimos do número de interrupções;
- Ca(i)*: Número de unidades consumidoras interrompidas em um evento (*i*), no período de apuração;
- t(i)*: Duração de cada evento *i*, no período de apuração;
- i*: Índice de eventos ocorridos no sistema que provocam interrupções em uma ou mais unidades consumidoras;
- k*: Número máximo de eventos no período considerado;
- Cc*: Número total de unidades consumidoras, do conjunto considerado, no final do período de apuração.

Os indicadores individuais são os seguintes:

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i) \quad (2.3)$$

$$FIC = n \quad (2.4)$$

$$DMIC = t(i)_{\max} \quad (2.5)$$

Onde:

- DIC*: Duração de Interrupções por Unidade Consumidora ou ponto de conexão considerado, expressa em horas e centésimos de hora;
- FIC*: Frequência de Interrupções por Unidade Consumidora ou ponto de conexão considerado, expressa em número de interrupções;
- DMIC*: Duração Máxima das Interrupções por Unidade Consumidora ou ponto de conexão considerado, expressa em horas e centésimos de hora;
- i*: Índice de interrupções da unidade consumidora ou do ponto de conexão, no período de apuração, variando de 1 a *n*;
- n*: Número de interrupções da unidade consumidora ou do ponto de conexão considerada, no período de apuração;

$t(i)$ : Tempo de duração da interrupção ( $i$ ) da unidade consumidora ou do ponto de conexão considerada, no período de apuração;

$t(i)_{max}$ : Valor correspondente ao tempo da máxima duração de interrupção ( $i$ ), no período de apuração, verificada na unidade consumidora ou no ponto de conexão considerado, expresso em horas e centésimos de horas.

Estes indicadores de continuidade devem ser apurados pela concessionária de distribuição, para todos os seus conjuntos de unidades consumidoras (DEC e FEC), e para todos os consumidores individualmente (DIC, FIC e DMIC), considerando as interrupções com duração maior ou igual a 3 (três) minutos. No entanto, a tendência é que a duração destas interrupções diminua à medida que a sensibilidade dos sistemas e equipamentos tende a ser cada vez maior.

Os valores das metas anuais dos indicadores de continuidade dos conjuntos (DEC e FEC), para cada concessionária de distribuição, são estabelecidos pela ANEEL por meio de resolução específica, sendo redefinidos no ano correspondente à revisão periódica das tarifas. Já as metas para os indicadores individuais (DIC e FIC) são estabelecidas na própria Resolução ANEEL nº 24 em função das metas anuais de DEC e FEC. Atualmente o padrão mensal do indicador DMIC corresponde a 50% do padrão mensal do indicador DIC.

A violação dos padrões de continuidade estabelecidos, em relação ao período de apuração (mensal, trimestral ou anual), implica em multas ou ressarcimento dos prejuízos aos consumidores.

No caso da violação dos padrões individuais, o cálculo do valor da compensação ao consumidor (creditado na fatura de energia elétrica no mês subsequente à apuração) é realizado da seguinte forma:

➤ Para o DIC:

$$Valor = \left( \frac{DIC_v}{DIC_p} - 1 \right) DIC_p \times \frac{CM}{730} \times kei \quad (2.6)$$

➤ Para o DMIC:

$$Valor = \left( \frac{DMIC_v}{DMIC_p} - 1 \right) DMIC_p \times \frac{CM}{730} \times kei \quad (2.7)$$

➤ Para o FIC:



$$Valor = \left( \frac{FIC_v}{FIC_p} - 1 \right) DIC_p \times \frac{CM}{730} \times kei \quad (2.8)$$

Onde:

- DIC<sub>v</sub>*: Duração de Interrupção por Unidade Consumidora ou ponto de conexão, conforme cada caso, verificada no período considerado, expresso em horas e centésimos de hora;
- DIC<sub>p</sub>*: Padrão de continuidade estabelecido no período considerado para o indicador de Duração de Interrupção por Unidade Consumidora ou ponto de conexão, expresso em horas e centésimos de hora;
- DMIC<sub>v</sub>*: Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou ponto de conexão, conforme cada caso, verificada no período considerado, expresso em horas e centésimos de hora;
- DMIC<sub>p</sub>*: Padrão de continuidade estabelecido no período considerado para o indicador de Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou ponto de conexão, expresso em horas;
- FIC<sub>v</sub>*: Frequência de Interrupção por Unidade Consumidora ou ponto de conexão, conforme cada caso, verificada no período considerado, expresso em número de interrupções;
- FIC<sub>p</sub>*: Padrão de continuidade estabelecido no período considerado para o indicador de Frequência de Interrupção por Unidade Consumidora ou ponto de conexão, expresso em número de interrupções;
- CM*: Média aritmética dos valores líquidos das faturas de energia elétrica dos consumidores ou acessantes da distribuidora ou dos Encargos de Uso do Sistema de Transmissão, no que se aplicar, correspondentes aos meses do período de apuração do indicador;
- 730: Número médio de horas no mês;
- kei*: Coeficiente de majoração, com faixa de variação de 10 a 50, e cujo valor, fixado em 10 (dez), poderá ser alterado pela ANEEL a cada revisão periódica das tarifas.

Na eventualidade do descumprimento dos padrões por conjunto aplica-se o pagamento de multa conforme procedimentos estabelecidos na Resolução Normativa nº 63, de 12 de maio de 2004.

As metas representam um sinal de melhoria constante da continuidade do fornecimento às unidades consumidoras, representando um ganho tanto para o consumidor quanto para a concessionária que ao atender os requisitos mínimos de qualidade obterá um melhor desempenho operacional e melhor avaliação de seu cliente. Estas melhorias estão diretamente relacionadas aos estudos de confiabilidade, na manutenção e investimentos realizados no sistema.

Assim, as concessionárias de energia elétrica têm interesse em controlar e gerenciar a qualidade de seus serviços mantendo seus indicadores dentro dos valores estabelecidos, uma vez que o não cumprimento das metas, cada vez mais exigentes, implica em penalidades impostas às concessionárias, que podem chegar a 2% do valor do faturamento anual, conforme disposto na Resolução Normativa nº 63, de 2004. Além disso, as empresas recebem tarifas a partir de custos eficientes e investimentos prudentes baseados em uma concessionária de referência (Vaz, 2007).

#### **2.4.2 Conformidade dos níveis de tensão**

A Resolução ANEEL nº 505, de 2001, estabelece as disposições relativas à conformidade dos níveis de tensão de energia elétrica em regime permanente.

Esta resolução trata, basicamente, das obrigações das concessionárias de distribuição de energia elétrica no que concerne ao fornecimento de tensão, estabelecendo critérios de avaliação, prazos para normalização do fornecimento a perfis adequados e, eventualmente, ressarcimentos e multas em casos de descumprimentos às cláusulas acordadas entre concessionários e consumidores no tocante à tensão de fornecimento.

A tensão de atendimento é classificada de acordo com as faixas de variação da respectiva tensão de leitura (definida como o valor eficaz de tensão, integralizado a cada 10 minutos, obtido de medição por meio de equipamentos apropriados, expresso em volts ou quilovolts).

A tensão de atendimento é classificada como adequada, precária ou crítica, as quais possuem faixas de variação distintas, definidas de acordo com a tensão nominal do ponto de entrega ou conexão ( $\geq 230$  kV;  $\geq 69$  kV e  $< 230$  kV;  $< 69$  kV e  $> 1$  kV;  $\leq 1$  kV).

Os indicadores individuais estabelecidos na resolução, que devem ser apurados pela concessionária quando de medições oriundas por reclamação e/ou amostrais e permitem aferir a qualidade do fornecimento são os seguintes:

$$DRP = \frac{nlp}{1008} \times 100 \quad [\%] \quad (2.9)$$

$$DRC = \frac{nlc}{1008} \times 100 \quad [\%] \quad (2.10)$$

Onde:

*DRP*: Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária;

*DRC*: Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica;

*nlp*: Número de leituras situadas nas faixas precárias;

*nlc*: Número de leituras situadas nas faixas críticas;

1008: Número de leituras válidas a cada 10 (dez) minutos no período de observação semanal.

O indicador *DRP* refere-se à duração relativa das leituras de tensão, nas faixas de tensão precárias, no período de observação definido, expresso em percentual e o *DRC* refere-se à duração relativa das leituras de tensão, nas faixas de tensão críticas, no período de observação definido, expresso em percentual.

Existe ainda o indicador *DRP<sub>M</sub>* (Duração Relativa da Transgressão Máxima de Tensão Precária), que é o percentual máximo (0,5 %) de tempo admissível para as leituras de tensão, nas faixas de tensão precárias, no período de observação definido.

Quando o valor do indicador *DRP* superar o valor de *DRP<sub>M</sub>*, a concessionária deve adotar providências para regularizar a tensão de atendimento.

A não regularização dos níveis de tensão implica em valor a ser restituído a quem tiver sido submetido ao serviço inadequado, cujo cálculo é realizado de acordo com a fórmula a seguir:

$$Valor = \left[ \frac{DRP - DRP_M}{100} \times k_1 + \frac{DRC - DRC_M}{100} \times k_2 \right] k_3 \quad (2.11)$$

Onde:

*k<sub>1</sub>*: 1;

*k<sub>2</sub>*: 4, para unidades consumidoras atendidas em Baixa Tensão;

*k<sub>2</sub>*: 2, para unidades consumidoras atendidas em Média Tensão;

*k<sub>2</sub>*: 1, para unidades consumidoras atendidas em Alta Tensão;

*DRP*: Valor do *DRP* expresso em %, apurado na última medição;

*DRP<sub>M</sub>*: Valor do *DRP<sub>M</sub>* expresso em %;

*DRC*: Valor do DRC expresso em %, apurado na última medição;

*DRC<sub>M</sub>*: Valor do DRC<sub>M</sub> expresso em %;

*k<sub>3</sub>*: Valor líquido da fatura de energia elétrica ou do encargo de uso do sistema de distribuição, referente ao mês de apuração.

### 2.4.3 Ressarcimento de Danos em Equipamentos Elétricos

Em face da necessidade de disciplinar o que consta nos contratos de concessão de distribuição de energia elétrica, que asseguram aos consumidores o direito de receber o ressarcimento de danos elétricos em equipamentos, causados por perturbação no sistema elétrico, foi desenvolvida a Resolução Normativa nº 61, de 2004.

Esta resolução distingue os prejuízos causados ao consumidor, como dano emergente, dano moral e lucros cessantes, cujas definições são apresentadas abaixo:

- **Dano emergente:** lesão concreta que afeta o patrimônio do consumidor, consistente na perda ou deterioração, total ou parcial, de bens materiais que lhe pertencem em razão de perturbação do sistema elétrico;
- **Dano moral:** qualquer constrangimento à moral e/ou honra do consumidor, causado por problema no fornecimento da energia ou no relacionamento comercial com a concessionária, ou, ainda, a ofensa de interesses não patrimoniais de pessoa física ou jurídica provocada pelo fato lesivo;
- **Lucros cessantes:** são os lucros esperados pelo consumidor e que o mesmo deixou de obter em face de ocorrência oriunda do fornecimento de energia elétrica.

O ressarcimento do dano elétrico consiste na reposição do equipamento elétrico danificado, instalado em unidade consumidora, na mesma condição de funcionamento anterior à ocorrência constatada no sistema elétrico ou, alternativamente, indenização em valor monetário equivalente ao que seria necessário para fazê-lo retornar à referida condição, ou, ainda, substituição por equipamento equivalente.

Este ressarcimento aplica-se exclusivamente, para os casos de dano elétrico causado a equipamentos alimentados na mesma tensão de atendimento contratada no ponto de entrega ou de conexão de energia elétrica. É importante ressaltar que não se aplica o ressarcimento de dano em equipamentos pertencentes a consumidores atendidos em tensão

superior a 2,3 kV e não se aplica o ressarcimento por danos morais, lucros cessantes ou outros danos emergentes.

## 2.5 Metodologias

Uma variedade de metodologias tem sido utilizadas para avaliar os impactos econômicos associados a problemas no fornecimento de energia, no sentido de determinar o quanto é justificável que a concessionária invista para obtenção do nível de qualidade exigido pelo consumidor (Magalhães *et al.*, 2000).

As metodologias desenvolvidas podem ser classificadas em métodos analíticos indiretos, pesquisas realizadas junto aos consumidores e estudos de casos de blecautes.

A avaliação através de métodos analíticos indiretos fundamenta-se na análise de índices e variáveis baseados principalmente nas relações existentes entre o consumo de energia elétrica e a produção final dos diferentes consumidores. Esta abordagem tem por base uma visão mais geral ou macroeconômica do problema, sendo também empregada no cálculo dos custos do déficit de energia (Santos, 1988).

As pesquisas junto aos consumidores são métodos de avaliação onde os consumidores são solicitados a estimar seus custos ou perdas ocasionadas por falhas no suprimento de energia. A interpretação, avaliação e o tratamento das informações obtidas, permitem quantificar o impacto econômico vivenciado pelo consumidor. Este método está sujeito a todos os problemas enfrentados pelas pesquisas realizadas através de questionários e possui um custo elevado em relação às outras abordagens mencionadas. A pesquisa pode ser também utilizada para obtenção de informações de interesse particular, relacionadas a necessidades específicas da concessionária de distribuição, e por essas e outras razões é o método mais indicado para fins de planejamento do sistema.

Já os estudos realizados após a ocorrência dos distúrbios têm a vantagem de obter valores relacionados a experiências reais dos consumidores ao invés de cenários hipotéticos. Dentre os impactos ocasionados por estes grandes distúrbios merecem destaque os problemas sociais que atingem a população, como por exemplo, vandalismo, desordem, falta de segurança, roubos, caos no trânsito, interrupção de serviços essenciais como transporte público e atendimento em hospitais, dentre outros.

No entanto, o número de estudos de caso e conseqüentemente, o conjunto de dados disponíveis é bastante limitado e geralmente relacionado a interrupções de larga escala, as

quais não condizem com a realidade da maior parte das interrupções ocorridas. Em Lefèvre e Silveira (1997) e CIGRE (2000), são apresentadas informações a respeito da experiência de alguns países em relação a blecautes sofridos.

A seguir, serão tecidas considerações sobre os métodos analíticos indiretos e alguns estudos relevantes realizados acerca do método de pesquisa junto ao consumidor.

### **2.5.1 Métodos Analíticos Indiretos**

Os métodos analíticos indiretos consistem de abordagens que visam avaliar os custos sofridos pelos consumidores através da estimação de índices ou variáveis associadas a relações econômicas entre a produção e o consumo de energia elétrica.

Como exemplos destes métodos temos a modelagem através de regressões econométricas, matriz insumo-produto e disposição a pagar, a qual pode ser auferida através da modelagem pela teoria da escolha e do excedente do consumidor.

Segundo Gomes e Schilling (1997), o método de regressões econométricas é indicado para avaliar o custo do déficit de energia quando ocorre diminuição da atividade econômica devido às restrições de energia. Este método possibilita a verificação das mudanças estruturais e tecnológicas dos processos produtivos por meio de índices macroeconômicos.

O método de matriz insumo-produto é também indicado para avaliação do custo do déficit nos casos em que as interrupções de energia elétrica são significativas a ponto de provocar distúrbios nas atividades econômicas e causar o desemprego. Trata-se de um instrumento que possibilita estudar impactos sobre a produção diante de alterações na demanda final, a partir de uma representação esquemática de fluxos de origem e destino dos bens e serviços, levando em conta o encadeamento e a interdependência dos setores produtivos. Uma série de estudos e pesquisas realizadas por meio deste método, além de outros que recorrem a relações diretas entre valores de produção e consumo de energia elétrica, são analisadas em trabalho desenvolvido por Santos em 1988.

No Brasil, o custo do déficit de energia é calculado através do método de matriz insumo-produto. Este parâmetro é fundamental para o planejamento da operação do Sistema Interligado Nacional (SIN), pois é determinante na formação dos custos marginais de operação (CMO) e conseqüentemente do preço do mercado de curto prazo (PLD –

Preço de Liquidação das Diferenças). O custo do déficit deve refletir, na prática, o quanto custa para a sociedade a insuficiência da oferta de energia elétrica (Mendes *et al.*, 2003).

O custo unitário do déficit utilizado no planejamento do sistema elétrico nacional é função da profundidade do corte de carga e atualmente esta estabelecido conforme tabela abaixo (ANEEL, 2006):

**Tabela 1 – Curva de custo do déficit**

<b>Patamares (% de Redução de Carga – RC)</b>	<b>Custo do Déficit (R\$/MWh )</b>
$0\% < RC \leq 5\%$	886,00
$5\% < RC \leq 10\%$	1911,38
$10\% < RC \leq 20\%$	3994,20
$RC > 20\%$	4538,94

Magalhães *et al.* (2000), utiliza um modelo indireto baseado no conceito da disposição a pagar, para calcular os custos de interrupção para as categorias residencial e comercial e industrial de pequeno porte ( $\leq 13,8$  kV). A disposição a pagar para receber um determinado benefício (uma melhor qualidade de energia) representa o valor que o consumidor atribui ao bem e neste estudo, é medido através da modelagem pela teoria da escolha.

A teoria da escolha é baseada no fato de que o consumidor sempre opta pela alternativa que lhe proporcione a maior satisfação possível, medida através da função utilidade. A utilidade é uma medida abstrata da satisfação ou felicidade que um consumidor obtém de um conjunto de bens, sendo que o consumidor irá preferir aquele conjunto com a maior utilidade.

Outra forma de calcular a disposição a pagar por parte do cliente, por melhorias no serviço, pode ser realizada através da determinação do excedente do consumidor, definido como a quantia que o comprador está disposto a pagar pelo bem menos a quantia que ele realmente paga, tendo como referência a curva de demanda do consumidor (ABRADEE, 2002; Mankiw, 2006). No entanto, esta abordagem é de difícil implementação, uma vez que a determinação da curva de demanda do cliente não é uma tarefa trivial.

A grande vantagem dos métodos analíticos é a facilidade de aplicação, pois utilizam dados existentes e conseqüentemente o custo de implementação é reduzido. A desvantagem está no fato destes métodos serem geralmente baseados em suposições que muitas vezes podem estar equivocadas e gerar como resultados, valores globais, os quais não revelam variações de custo em função de parâmetros específicos, como por exemplo, a

duração das interrupções e o seu horário de ocorrência. Por conseguinte, os valores obtidos através destes métodos não são indicados como ferramenta para o processo de planejamento do sistema elétrico.

### **2.5.2 Pesquisas Junto ao Consumidor**

O método de pesquisa junto ao consumidor é baseado em respostas diretas obtidas por meio de pesquisas de opinião e, embora não exista um consenso geral acerca da metodologia mais adequada a situações específicas, trata-se do método mais utilizado para cálculo dos custos de interrupção, principalmente para as classes industrial e comercial, sendo também um meio para determinação de informações requeridas pelas concessionárias (Wacker e Billinton, 1989).

A seguir, serão apresentados alguns estudos realizados por pesquisadores e instituições de diversos países, os quais serviram de fundamentação para o desenvolvimento da metodologia proposta no Capítulo 3.

#### **2.5.2.1 Estudos realizados no Brasil**

Em agosto de 1985, após diversos desligamentos de grande porte, sofridos pelos Sistemas Interligados em 1984 e em 1985 (Lefèvre e Silveira, 1997), criou-se no Brasil, no âmbito do Grupo Coordenador do Planejamento de Sistemas Elétricos (GCPS), o Grupo de Trabalho Custo Social de Déficit, com o objetivo de mensurar a importância da energia elétrica para a economia brasileira, bem como conceituar e avaliar os impactos negativos advindos do seu não fornecimento.

Posteriormente, ainda no âmbito do GCPS, foi criada a Comissão do Custo Social do Déficit (CDEF), a qual estabeleceu a base conceitual para discussão dos custos de restrição de suprimento (Cabrera, 1995).

A COPEL (Companhia Paranaense de Energia) tendo por base a formulação teórica baseada em pesquisa econômica-social (Shiga, 2007), proposta por Munasinghe (Munasinghe, 1979, *apud* Santos, 1988), e contando com os trabalhos do autor, realizou uma pesquisa em Cascavel, Paraná, em 1976, junto a 22 indústrias para determinar os efeitos e os custos de interrupções no fornecimento de energia elétrica a estas empresas.



Estas indústrias foram agrupadas em 9 grupos, segundo as suas atividades principais. Para determinar os custos das interrupções referentes a cada um destes grupos, os valores obtidos para cada uma das indústrias componentes foram ponderados segundo a sua participação relativa no valor total do grupo.

Para cada grupo de indústrias considerado, Munasinghe procurou estabelecer através da análise de dados fornecidos pela pesquisa, funções que relacionassem os custos das interrupções com a duração das mesmas.

Como os prejuízos sofridos pelas indústrias devido às interrupções podem variar segundo o momento em que estas ocorrem, foram estabelecidas funções diferentes para cada um dos diferentes períodos do dia e para cada grupo estudado.

As expressões dos custos das interrupções foram usadas por Munasinghe em um caso-estudo de planejamento ótimo do sistema de distribuição de Cascavel, para o período de 1976 a 1996, no qual foram incluídos os custos e os benefícios relativos ao nível de confiabilidade oferecido aos consumidores.

Com as projeções anuais dos valores adicionais para as diversas indústrias consideradas, obtidas a partir do mesmo questionário usado no levantamento da funções e de consultas feitas a órgãos governamentais e outros, com a determinação da frequência e duração das interrupções esperadas que atingiriam as indústrias nos diversos períodos do dia em cada ano do horizonte considerado e ainda com as funções utilizadas, o autor pôde calcular os custos das interrupções para o setor industrial atendido pelo sistema de distribuição, em todo o horizonte de planejamento analisado.

Embora Munasinghe tenha enfatizado a separação dos custos totais das interrupções em suas parcelas diretas e indiretas, tanto a formulação teórica apresentada quanto os resultados obtidos através da pesquisa realizada em Cascavel se limitaram a abordar somente a primeira componente, não fazendo o autor quaisquer comentários sobre a maneira pela qual se tornaria possível determinar a componente indireta nem sobre a forma de incluí-la nos custos totais das interrupções.

A preocupação e a necessidade de determinar o impacto econômico das imperfeições no fornecimento de energia foi também manifestada em outros trabalhos (Boccuzzi, 1986; Camargo, 1989 e Guimarães, 1986, *apud* Shiga, 2007). Guimarães já questionava a validade dos índices DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) para demonstrar o quanto o consumidor está satisfeito ou não com a qualidade da energia

fornecida pela concessionária. O autor comenta ainda, sobre a dificuldade em se determinar o custo de interrupção, pois existem muitas variáveis subjetivas na pesquisa, tanto no questionário quanto na resposta do consumidor.

Em 1988, foi apresentado pelo Grupo de Trabalho de Estudos Especiais (GTEE), um relatório intitulado “Custos de Interrupção de Referência” (GTEE, 1988, *apud* Cabrera, 1995), cujo cálculo dos valores de custo foi baseado em um trabalho da Tennessee Valley Authority, concessionária americana que obteve médias de custos de interrupção de vários países e empresas.

Baseados nesses e em outros trabalhos, com o objetivo de levantar dados acerca dos custos de interrupção no Brasil, o Grupo de Coordenação da Operação Interligada (GCOI) determinou a realização da primeira pesquisa de caráter nacional, junto aos consumidores (GCOI, 1987, 1991, 1992, *apud* Cabrera, 1995).

Massaud *et al.* (1992, 1994) apresenta a metodologia de apuração e os resultados obtidos nesta pesquisa realizada pelo GCOI, a qual teve início em 1987 e terminou quatro anos depois.

Neste artigo, assim como em artigo posterior publicado em 1997 por Gomes e Schilling, são destacadas as diferenças conceituais existentes entre custo do não faturamento, custo do déficit e custo de interrupção:

- **Custo do não faturamento:** este custo diz respeito ao prejuízo sofrido pela concessionária de energia elétrica pelo fato da mesma não ter concretizado a venda de energia a seus usuários. Sua avaliação, portanto, não apresenta maiores dificuldades, já que depende somente da tarifa praticada por cada concessionária.
- **Custo do Déficit:** o custo do déficit está associado às restrições de natureza energética (fontes primárias de energia) ou das capacidades instaladas no sistema de geração, ou ainda, das restrições da rede de transmissão ou distribuição. Está associado ao conceito de racionamento e sua aplicação relaciona-se às políticas de planejamento de longo prazo. No horizonte da Operação e do Planejamento da Operação, a aplicação do custo do déficit ainda tem sentido para problemas no sistema que causem interrupção de fornecimento aos consumidores com duração suficientemente longa, de tal forma que seja possível aos mesmos precaverem-se de alguma forma, no sentido de minimizar os prejuízos da interrupção.

- **Custo da Interrupção:** reflete os prejuízos do usuário causados pela restrição de energia que o surpreende de forma intempestiva, de modo que o mesmo não tenha como precaver-se ou então por interrupções programadas para manutenção do sistema elétrico. As interrupções nestes casos são geralmente de curta duração e devidas principalmente a contingências no sistema (perda de linhas, curtos-circuitos, descargas atmosféricas, etc.). O uso prático deste custo pode ser admitido tanto no horizonte de curto prazo quanto no horizonte de longo prazo.

Massaud *et al.* afirma ainda que a avaliação dos custos de restrição no fornecimento de energia podem ser realizadas através de abordagens por meio de pesquisa direta, regressões econométricas e matriz insumo-produto. Contudo, o método de pesquisa direta através da utilização de questionários, foi empregado na pesquisa.

Foram abordados consumidores residenciais, comerciais e industriais. Cada elemento da classe residencial foi considerado como uma unidade produtiva, onde o insumo econômico de entrada é a disponibilidade de tempo da família e os produtos de saída são as atividades domésticas, incluindo, por exemplo, o preparo de refeições e lazer (televisão, leitura, rádio, internet, entre outras).

A principal dificuldade deste modelo é o fato de que estes produtos ou atividades não possuem valores de mercado específicos, além de que, atividades domésticas podem em geral serem postergadas sem consequências econômicas a curto prazo. O modelo adotado relaciona o lazer da família à capacidade efetiva de remuneração de seus integrantes. O custo de interrupção ( $IC_r$ ), em US\$/kWh, para o setor residencial é calculado conforme equação seguinte:

$$IC_r = \frac{HIH}{AEC} \quad (2.12)$$

Onde:

- $HIH$ : Renda total da unidade residencial por hora, incluindo tempo de descanso, em US\$/h;  
 $AEC$ : Consumo médio de energia por hora (em kWh/h), no período das 17 às 22 horas, quando o tempo de lazer é geralmente aproveitado.

O modelo adotado para o segmento comercial considera cada elemento como uma unidade de produção e os prejuízos sofridos por estes consumidores estão relacionados aos produtos em estoque, oportunidades de negócios desperdiçadas e trabalho e capital ocioso.

Assim como os modelos adotados para os setores residencial e comercial, o consumidor industrial é também representado como uma unidade produtiva, que agrega insumos econômicos (energia elétrica, matéria prima, etc.) com capital e trabalho para obter o produto final. A perda de produção causada pelas restrições no fornecimento de energia é quantificada pelo volume de matérias primas perdidas, produtos não acabados que se deterioram, trabalho e investimentos ociosos e o gastos necessários para recuperar a produção. O custo de interrupção ( $IC_i$ ), em US\$/kWh, para o setor industrial é dado por:

$$IC_i = \frac{(BIC - RFC + ELC)}{(F \cdot ENS)} \quad (2.13)$$

Onde:

- BIC*: Custo de interrupção dado pelos custos de trabalho e capital ocioso, matérias primas e outros insumos perdidos;  
*RFC*: Parcela da produção que pode ser recuperada através de horas extra;  
*ELC*: Custo de trabalho realizado através de horas extra;  
*F*: Frequência das interrupções durante o ano;  
*ENS*: Energia não suprida durante a interrupção.

Os valores médios dos custos de interrupção obtidos na pesquisa, para os consumidores residenciais e os valores para os consumidores comerciais e industriais em função da duração e do período de ocorrência do distúrbio são mostrados abaixo:

**Tabela 2 – Custos médios de interrupção por região para os consumidores residenciais (em 05/1989)**

Região	Custo médio (US\$/kWh)
Norte	1,13
Nordeste	1,01
Sudeste	1,09
Sul	1,33
Centro-Oeste	1,20
<b>Brasil</b>	<b>1,11</b>

**Tabela 3 – Custos médios de interrupção (US\$/kWh em 12/1990) para os consumidores comerciais**

Período de início da interrupção	Intervalo de duração (em minutos)					
	0-3	3-15	15-30	30-60	60-120	mais de 120
0-8 horas	0,98	1,83	2,80	2,55	2,45	2,69
8-18 horas	1,83	3,16	4,25	4,36	4,76	3,76
18-24 horas	1,81	3,03	3,92	3,77	4,10	3,14

**Tabela 4 – Custos médios de interrupção (US\$/kWh em 12/1990) para os consumidores industriais**

Período de início da interrupção	Intervalo de duração (em minutos)					
	0-3	3-15	15-30	30-60	60-120	mais de 120
0-8 horas	2,87	1,23	1,07	0,90	0,81	0,78
8-18 horas	2,73	1,26	1,20	0,95	0,86	0,78
18-24 horas	2,80	1,14	1,06	0,83	0,75	0,78

A partir do tratamento estatístico dos dados foi calculada uma equação de regressão que representa os resultados obtidos para os consumidores comerciais e industriais:

$$C = at^b \quad (2.14)$$

Onde:

- C*: Custos de interrupção em US\$/kWh;  
*t*: Duração da interrupção em minutos;  
*a, b*: Parâmetros de ajuste específicos para o tipo de consumidor e período de ocorrência (hora do dia) do distúrbio.

Diante dos resultados desta pesquisa, nota-se que, para os consumidores comerciais o custo por kWh interrompido cresce à medida que a duração da interrupção aumenta, e para o setor industrial o impacto maior ocasionado pelas interrupções de curta duração é justificado pelo fato de que em muitos casos isto pode causar a perda total de produtos ainda não finalizados. Enquanto a interrupção continua, novos processos de produção não são reiniciados, evitando assim a perda de mais material.

Estudo posterior, realizado por Gomes e Schilling (1997) apresenta os valores de custo médio para uma interrupção de 3 minutos de duração e outra de 5 minutos, para os consumidores de algumas concessionárias brasileiras.

**Tabela 5 – Custos médios de interrupção (US\$/kWh) utilizando valores médios nacionais**

Empresa	Interrupção com 3 min de duração das 8 às 18 h	Interrupção com 5 min de duração das 8 às 18 h
CEMIG	2,22	2,08
ESCELSA	2,12	2,01
ENERSUL	1,34	1,40
CEMAT	1,22	1,27
CELESC	1,94	1,86
CELPA	1,32	1,36
SAELPA	1,59	1,58
CELG	1,65	1,63
LIGHT	1,99	1,75
EPAULO	1,98	1,88

Magalhães *et al.* (2000), propõem uma metodologia para avaliação e estimação do custo de interrupção do fornecimento de energia elétrica, denominado custo social de interrupção, levando em conta diversas categorias de mercado e regiões de uma área geográfica. Os custos são avaliados através de técnicas estatísticas considerando os custos diretos associados à interrupção no fornecimento de energia elétrica.

A pesquisa foi realizada com consumidores residenciais, comerciais e industriais do estado de São Paulo. A categoria residencial incluiu os consumidores rurais e foi estratificada por nível de consumo e renda, de modo a levar em consideração os aspectos do uso e necessidades da energia elétrica deste setor.

A categoria comercial foi dividida em consumidores comerciais de pequeno e grande porte, atendidos por tensão menor que 13,8 kV ou maior, respectivamente. Dentro destas divisões foram consideradas diferentes atividades, dentre as quais: bancos, shoppings, supermercados e pequenos comércios. Os serviços públicos foram incluídos na categoria de comércio de grande porte.

A categoria industrial de grande porte foi estratificada em 17 atividades, tais quais: agroindústria, alimentos, alumínio, mecânica, química, couro/calçados, cerâmica, cimento, elétrica/eletrônica, madeira/mobiliário, metalúrgica, têxtil/vestuário, papel, extração mineral, vidro, siderúrgica.

A amostra dos consumidores pesquisados foi estabelecida por categoria (residencial, comercial e industrial) e estratificada de acordo com os dados obtidos dos cadastros das concessionárias, de modo a permitir o planejamento adequado da pesquisa de campo. Sua composição obedeceu ao critério de proporcionalidade de consumidores por empresa distribuidora de energia elétrica e das cidades atendidas. As cidades foram estratificadas segundo os parâmetros população e continuidade de atendimento.

A continuidade de atendimento foi relacionada com o produto DEC x FEC das cidades. Estes indicadores exprimem respectivamente a duração e frequência das interrupções e o produto entre eles revela a qualidade da continuidade de fornecimento em uma determinada localidade.

A amostra do setor industrial levou em consideração a proporcionalidade das diferentes atividades industriais na região da pesquisa. A formulação da metodologia para avaliar os custos de interrupção foi adequada para considerar as especificidades das diferentes categorias de consumidores envolvidas no estudo.

Para os consumidores residenciais foram considerados os seguintes custos diretos:

- Custo fixo incorrido pelos consumidores para se protegerem das falhas do sistema de energia;
- Custo de reparos ou aquisição de novos aparelhos eletrodomésticos danificados pela interrupção súbita da energia ou ao seu retorno em faixa de tensão fora da faixa adequada;
- Custos associados à perda de produtos estocados (carne, leite e derivados, legumes, e quaisquer outros), em meio frio (geladeira, freezer) que se deterioram ou perdem valor devido ao distúrbio.

Os custos considerados para a classe comercial e industrial de pequeno porte ( $<13,8$  kV) foram os seguintes:

- Custo devido à produção de energia através de equipamentos de emergência, em caso de interrupção no suprimento;
- Custo para o consumidor se proteger das falhas do sistema de energia elétrica;
- Gastos com reparo de equipamentos danificados pela interrupção súbita da energia e seu retorno em faixa de tensão fora da adequada;
- Custos associados à perda de produtos estocados em meio frio que se deterioram ou perdem valor devido à interrupção de energia;
- Custo de oportunidade associado à perda de vendas;
- Custo de horas extras para compensar períodos interrompidos;
- Custo associado a perdas de informações guardadas em meio computadorizado (dados, arquivos, etc.), decorrentes de interrupção ocorrida no estabelecimento, que motivam a reposição de dados e reprocessamento computacional;
- Custos indicados pelo cliente e não previstos anteriormente.

Para a classe comercial de grande porte ( $\geq 13,8$  kV), foram considerados os mesmos custos dos estabelecimentos de pequeno porte. Para as indústrias de grande porte ( $\geq 13,8$  kV) foram considerados basicamente os mesmos custos dos estabelecimentos de pequeno porte, com a diferença de que os custos referentes à perda de produtos estocados em meio frio e à perda de vendas não foram considerados e ainda acrescentaram-se os seguintes custos:

- Custos de matéria prima ou produtos primários estocados deteriorados ou estragados;
- Custos associados à perda de produtos durante o processo de fabricação;

- Custos associado à perda de produtos acabados, ou em estoque;
- Custo associado à produção perdida (em valor) considerada irrecuperável, referindo-se aos produtos que estão sendo processados;
- Custo de retomada ou reinício da produção.

A metodologia aplicada para as categorias comercial de grande porte e industrial leva em consideração os custos fixos e variáveis em função da duração e frequência de interrupções e expressa os prejuízos através da captação dos custos diretos.

Os cenários considerados compreendem interrupções com duração inferior a 1 minuto, 15 e 30 minutos, 1 e 3 horas e mais de 3 horas.

Foram desenvolvidos questionários específicos para cada categoria de consumidor e a execução da pesquisa foi realizada por meio de entrevistas, internet e correio.

As informações obtidas foram consistidas, tabuladas e submetidas a procedimentos metodológicos utilizando ferramentas estatísticas, como cálculos de distribuições de probabilidades, análises de regressão e rotinas de ajustes de curvas. Assim, foi possível realizar avaliações estratificadas do custo do kWh interrompido para cada categoria e atividade considerada, levando em conta os aspectos sazonais e cíclicos, que influem no impacto da interrupção, em função do período em que ocorrem.

Os resultados foram compostos de acordo com a participação no mercado do Estado, obtendo-se avaliações médias agregadas. A tabela abaixo mostra os custos médios de interrupção obtidos na pesquisa:

**Tabela 6 – Custos de Interrupção do Estado de São Paulo**

<b>Categorias Pesquisadas</b>	<b>Custo de interrupção médio (US\$/kWh interrompido)</b>
Custo unitário no estado	1,20
Residencial	0,90
Comercial, serviços e poderes públicos	1,70
Industrial	5,3

Em Hideki *et al.* (2003), foi apresentada metodologia, resultados e conclusões obtidas através de um projeto para determinação do custo de interrupções intempestivas em clientes de alta (138 e 88 kV) e média tensão (13,8 e 13,2 kV) de uma distribuidora no estado de São Paulo.

Para fins de comparação dos resultados, além do nível de tensão (AT e MT), os consumidores foram estratificados por região geográfica e atividade econômica desenvolvida. O custo médio para os clientes da distribuidora foi de US\$ 1,23 por kWh



interrompido para aqueles conectados em alta tensão e de US\$ 1,64 por kWh interrompido para os clientes conectados em média tensão.

A interação entre pesquisadores e empresas do segmento industrial, as quais apontaram os principais impactos ocasionados pelas interrupções, contribuiu para o desenvolvimento do questionário utilizado na pesquisa. O questionário obtém a atividade econômica da indústria, localização geográfica, número de funcionários por dia e turno de trabalho, perfil da utilização de energia, disposição a pagar por uma melhora na qualidade de fornecimento, possibilidade de diminuição do custo por meio de um aviso prévio e qual o tempo mínimo que o aviso deve ser dado, avalia o peso de cada tipo de prejuízo, dentre outras informações.

Foi usado um modelo conceitual que analisa os elementos de custos diretos de forma desagregada, cuja definição de custos é a mesma apresentada por Magalhães *et al.* (2000).

Costa (2003) apresenta uma metodologia para realização do cálculo das perdas financeiras, decorrentes de afundamentos de tensão, que geram interrupção de processos industriais. A autora enfatiza que o cliente final está pouco preocupado com a energia não fornecida durante uma interrupção e seu custo associado, mas e sim com o custo associado à impossibilidade de desenvolvimento de suas atividades durante a interrupção. Nesse sentido, os afundamentos de tensão muitas vezes causam interrupção em processos, resultando em prejuízos, principalmente para o setor industrial. A interrupção de um processo industrial, causada por um evento com apenas algumas centenas de milissegundos de duração, pode resultar em minutos ou mesmo horas de interrupção do processo, até o retorno às condições normais de produção. Costa destaca ainda que os custos de interrupção para os consumidores estão relacionados com o valor monetário das perdas geradas pela interrupção do fornecimento de energia, ou problemas de qualidade de energia (Sullivan *et al.*, 1996). Estes custos variam de consumidor para consumidor em função de um número de fatores, incluindo:

- Dependência do processo da eletricidade;
- A natureza e o momento do distúrbio;
- O valor monetário da atividade interrompida.

Sua abordagem é baseada na metodologia proposta por Munasinghe (Munasinghe, 1979, *apud* Santos, 1988). Os custos são avaliados para consumidores comerciais e industriais, excluindo-se os residenciais pelo fato de que o afundamento de tensão não tem

consequências expressivas para este tipo de consumidor, posto que na maioria das vezes são imperceptíveis e praticamente não afetam as atividades domésticas e de lazer.

Melo e Cavalcanti (2003), por sua vez, definem novos indicadores de energia elétrica além dos já utilizados pelo setor (indicadores de conformidade e continuidade) e propõem um novo modelo para avaliar a qualidade de energia elétrica fornecida às indústrias, dentro das novas normas e procedimentos, em função da reestruturação do setor elétrico brasileiro. Os novos indicadores econômicos propostos, denominados de Índices de Custos Associados (ICA), têm por objetivo avaliar os prejuízos causados por interrupções permanentes ou transitórias de energia através da captação dos custos diretos industriais, levando-se em consideração os custos fixos e variáveis devido às interrupções e características de diversas indústrias estudadas.

Os custos diretos industriais (associados à qualidade de energia) propostos, são basicamente os mesmos considerados por Magalhães *et al.* (2000), à exceção dos Custos de Vendas não Realizadas que foram incorporados no presente estudo e correspondem à perda de vendas que não foram feitas devido à interrupção da energia elétrica.

Os consumidores pesquisados são distribuídos em 23 tipos de atividades industriais (Tabela 7) e estratificados em diversas variáveis de análise:

- Ramo de Atividade de Produção;
- Porte;
- Consumo de Energia;
- Localização Geográfica;
- Custo da Produção;
- Receita Líquida Anual;
- Lucro Líquido Anual e outras.

**Tabela 7 – Atividades industriais consideradas por Melo e Cavalcanti (2003)**

Têxtil	Química	Agroindústria	Mobiliário
Papel	Bebidas	Eletrônica	Calçados
Extração mineral	Metalúrgica	Vestuário	Elétrica
Vidro	Siderúrgica	Mecânica	Madeira
Confecção	Alumínio	Embalagens	Alimentos
Couro	Cimento	Cerâmica	

O levantamento das informações necessárias à determinação dos custos e conseqüentemente dos índices propostos deve ser feito através de entrevistas juntos aos consumidores industriais em alguns locais selecionados. Esta pesquisa quantitativa e

qualitativa, deve ser realizada através da técnica da aplicação de questionários específicos com perguntas abertas e semifechadas e do tipo estruturadas.

Os Índices de Custos Associados (ICA) propostos, os quais são obtidos após tratamento estatístico, quantificação e avaliação dos resultados e dados coletados, são os seguintes:

1. *Índice de Custos de Reparos (ICR)*
2. *Índice de Custos de Produtos em Elaboração Estragados (ICEE)*
3. *Índice de Custos de Produtos Acabados Estragados (ICAE)*
4. *Índice de Custo de Matéria Prima ou Produtos Primários Deteriorados (ICMP)*
5. *Índice de Custos de Vendas não Realizadas (ICV)*
6. *Índice de Custo da Proteção (ICPR)*
7. *Índice de Custo de Geração Própria (ICGP)*
8. *Índice de Custo de Perdas de Informações (ICIN)*
9. *Índice de Custo de Horas Extras (ICHE)*
10. *Índice de Custo de Retomada da Produção (ICRP)*
11. *Índice de Custo da Produção Perdida (ICPP)*

Teixeira e Takiguchi (2005) apresentam os resultados de um estudo sobre os impactos econômicos associados a problemas de qualidade de energia em uma indústria automobilística. A pesquisa tem o objetivo de analisar a viabilidade econômica de investimentos em equipamentos de mitigação dos problemas associados à qualidade de energia. Dessa forma, são investigados os custos das perturbações e comparados com os custos de soluções para os problemas apresentados, de modo a realizar a análise de retorno financeiro.

O trabalho apresenta uma metodologia detalhada e considera os custos assim definidos:

- **Custos Materiais:** representam os custos referentes aos produtos ou matérias primas que são perdidas em função de um problema de qualidade de energia.
- **Custos de mão de obra e custos indiretos:** custos necessários para tornar produtos reaproveitáveis, custos com limpeza e reinício de máquinas e equipamentos, custos administrativos, mão de obra ociosa e horas extra.
- **Lucro cessante e outros custos:** são as perdas referentes à receita líquida por produto que deixou de ser auferida, equipamentos e máquinas danificadas e manutenção de equipamentos.

O custo anual é calculado a partir do produto entre os custos por evento com o número de ocorrências de cada tipo de evento. Somado ao custo anual tem-se os custos decorrentes de eventuais economias não realizadas, que incluem a redução da tarifa da concessionária e economia por consumo fora de ponta em empresas que tenham contratada uma estrutura tarifária horo-sazonal (Resolução ANEEL nº 456, de 29 de novembro de 2000).

Após o levantamento dos custos é realizada a verificação dos custos de soluções para os problemas de qualidade abordados. Dentre estas soluções, são considerados como investimentos os custos do sistema de proteção, de toda a instalação e do gerador de emergência para as interrupções sustentadas.

Em Coelho *et al.* (2006) é apresentada uma metodologia similar para cálculo dos custos em consumidores industriais e comerciais de grande porte. Tal metodologia tem por base a norma IEEE Std. 1346-1998 (IEEE, 1998) e considera que os impactos financeiros relacionados aos distúrbios envolvem três grandes perdas, as quais podem ser classificadas em perdas de produção dos produtos, trabalho e prejuízos ocasionados pelos equipamentos danificados.

De modo a obter os valores de custo e proporcionar a avaliação financeira dos problemas relacionados à qualidade de energia, o questionário de coleta de dados foi dividido em três partes principais, que são os custos relativos ao tempo perdido em razão do distúrbio considerado, os prejuízos relacionados à qualidade do produto, além de outros custos diversos que podem ser, por exemplo, o custo da aplicação de multas e penalidades em função dos prejuízos causados à sociedade.

Dentro destas três divisões principais temos os custos referentes ao trabalho não realizado, perdas na produção (lucro cessante, horas extras, despesas administrativas e operacionais, multas por entrega atrasada), custo de reparos de equipamentos danificados (inclui custos de reinício de produção), perdas devido à qualidade do produto (retrabalho e produtos danificados) e outros custos, conforme apresentados na Tabela 8.

Assim como no método proposto em IEEE (1998), tanto nesta quanto na metodologia proposta por Teixeira e Takiguchi (2005), cada questionário deve ser repetido para cada cenário a ser considerado, pois estes métodos não fazem a distinção entre o tipo de distúrbio e sua duração, no transcorrer da entrevista, como explicitado em outras metodologias apresentadas.

**Tabela 8 – Avaliação Financeira dos Problemas de Qualidade de Energia**

Custo dos Problemas de Qualidade de Energia		
Custos relativos ao tempo perdido	<b>Trabalho não realizado:</b>	
	Força de trabalho ociosa	\$
	<b>Perdas de produção:</b>	
	Lucro cessante	\$
	Produção extra:	
	Horas-extras	\$
	Custos administrativos e operacionais	\$
	Multas por entrega atrasada	\$
	<b>Custo de reparo dos equipamentos danificados:</b>	
	Equipamentos e peças danificadas	\$
	Custo de mão-de-obra (manutenção)	\$
	Custo de reposição das peças (transporte, estoques)	\$
	Limpeza das máquinas	\$
	Novo <i>start-up</i> das máquinas	\$
Qualidade do produto	Produtos danificados	\$
	<b>Custo do retrabalho:</b>	
	Mão-de-obra	\$
Outros	Substituição de materiais	\$
	Multas e penalidades (custos ambientais)	\$
<b>Custo total por distúrbio</b>		\$

Em 2005, Leite *et al.* realizaram a atualização do custo unitário de interrupção obtido através da pesquisa do GCOI (1991) para a classe residencial, com base em dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A Tabela 9 mostra os resultados da reavaliação do custo médio de interrupção (US\$/kWh) para o consumidor residencial a preços de dezembro de 2004. Os custos médios para as classes comercial e industrial foram também atualizados (Tabela 10).

Os autores ressaltam que a pesquisa de custo de interrupção desenvolvida pelo GCOI em 1991, foi o único estudo em nível nacional realizado para a estimativa do custo por interrupção, e a falta de dados relativos a custo de evento de confiabilidade e qualidade da energia introduz incerteza na estimação de custos agregados desses eventos.

Embora, desde então, tenham ocorrido grandes alterações tecnológicas, com impacto no comportamento das cargas, como o aparecimento da economia digital, a implementação de grandes sistemas de processamento e transmissão de dados, a automação crescente, os quais tornaram as cargas mais sensíveis a eventos de

confiabilidade e qualidade da energia, não se tem conhecimento de outra pesquisa nacional similar ou de reavaliação dos resultados dessa pesquisa.

**Tabela 9 – Custos médios de interrupção por região para os consumidores residenciais em 12/2004**

<b>Região</b>	<b>Custo médio (US\$/kWh )</b>
Norte	2,18
Nordeste	1,61
Sudeste	2,56
Sul	2,42
Centro-Oeste	2,31
<b>Brasil</b>	<b>2,39</b>

**Tabela 10 – Custos médios de interrupção (US\$/kWh em 12/2004) para os consumidores comerciais e industriais**

<b>Classe de consumo</b>	<b>Intervalo de duração (em minutos)</b>					<b>hora adicional</b>
	<b>0-3</b>	<b>3-15</b>	<b>15-30</b>	<b>30-60</b>	<b>60-120</b>	
Comercial	4,05	1,78	1,63	1,32	1,19	1,19
Industrial	2,38	4,11	5,59	5,54	5,93	4,90

Uma barreira que se interpõe à estimativa regional e nacional de custo de confiabilidade e qualidade da energia, no que concerne à pesquisa de custos, é a ausência de estimativa de custos unitários de interrupção momentânea (até 3s) e temporária (de 3s a 1min) e de eventos de qualidade de energia.

Leite *et al.* concluem que a inexistência de dados inviabiliza o cálculo do custo de qualidade da energia e de descontinuidade de fornecimento de energia elétrica momentânea e temporária e, dessa maneira, não há possibilidade de se empreender avaliação de custos decorrentes desses tipos de ocorrência. Portanto, torna-se evidente a necessidade do empreendimento de pesquisas em nível regional e nacional, com o objetivo de obter informações sobre os custos e impactos ocasionados por todos os distúrbios que afetam a qualidade da energia fornecida aos consumidores.

### **2.5.2.2 Estudos realizados nos Estados Unidos**

A importância da confiabilidade aliada a altos níveis de qualidade de energia é crescente à medida que a sociedade torna-se cada vez mais dependente da eletrônica digital.

Em função desta mudança para uma economia digital, as atividades desempenhadas pela sociedade têm aumentado sua sensibilidade a distúrbios no fornecimento de energia.

Estes distúrbios incluem não somente interrupções (ausência de tensão por uma fração de segundo ou várias horas), mas também outros fenômenos relacionados à qualidade de energia (qualquer outro desvio na forma de onda, incluindo subtensões, sobretensões, transientes, harmônicos, etc.).

Com o intuito de obter uma estimativa definitiva sobre os custos diretos ocasionados por estes distúrbios para toda a economia dos Estados Unidos, o EPRI (Electric Power Research Institute) realizou em 2001 um estudo de abrangência nacional, intitulado “*The Cost of Power Disturbance to Industrial & Digital Economy Companies*”.

O relatório apresentado (EPRI, 2001) traz um detalhamento completo acerca da metodologia desenvolvida, objetivos e desenvolvimento da pesquisa, estrutura dos questionários utilizados e apresenta os resultados dos custos de interrupção por setor e para o país como um todo, além dos custos relacionados aos fenômenos de qualidade de energia.

Neste estudo, uma amostra representativa de consumidores em setores chave da economia foram pesquisados. A definição dos setores considerados no estudo é a seguinte:

- **Empresas relacionadas à economia digital:** este setor inclui empresas intensivas em processamento, armazenamento de dados e pesquisa e desenvolvimento de operações altamente sensíveis às imperfeições no fornecimento de energia, a exemplo das indústrias de telecomunicações, desenvolvimento de software, eletrônicas, biotecnologia, servidores de internet, hospitais, dentre outros.
- **Manufatura de processo contínuo:** inclui plantas industriais que processam produtos primários, geralmente através de altas temperaturas e compreendem indústrias de papel, vidro, plástico, celulose, químicas, petrolíferas, metalúrgicas, etc.
- **Serviços essenciais:** organizações cujos serviços são essenciais para o funcionamento da economia. Incluem outras indústrias de manufatura (não incluídas nos setores acima), além de concessionárias de serviços públicos (distribuição de gás e energia, saneamento, estradas rodoviárias e ferroviárias), serviço postal, aeroportos, etc.

Estes setores foram considerados por apresentar uma elevada sensibilidade aos distúrbios, conforme pesquisas previamente conduzidas (EPRI, 1996, *apud* EPRI, 2001); por serem de fundamental importância para a economia norte-americana, sendo

responsáveis por aproximadamente 40 % do PIB (Produto Interno Bruto) no ano de 2000 e ainda pelo fato de que perturbações no fornecimento de energia para estes consumidores tem um efeito quase que imediato em outros setores da economia.

Ainda que as informações obtidas na pesquisa sejam apenas diretamente relevantes para determinação dos custos para estes três segmentos, é possível realizar uma extrapolação destes custos para estimar o custo total dos distúrbios para todos os estabelecimentos comerciais e industriais, assumindo que os custos de outros setores sejam menores do que os pesquisados. Uma descrição detalhada das suposições utilizadas para determinação dos custos para toda a sociedade pode ser também encontrada no relatório.

Dentro de cada um dos setores considerados, os estabelecimentos foram classificados em pequenos, médios e grandes consumidores de acordo com o número de funcionários:

- **Pequenos:** 1 a 19 empregados;
- **Médios:** 20 a 249 empregados;
- **Grandes:** acima de 249 empregados.

Esta classificação permite que sejam realizadas análises e comparações dos custos estratificados por atividade econômica desenvolvida e tamanho do consumidor.

A pesquisa considerou uma amostra estatisticamente representativa de 1000 estabelecimentos, conforme pode ser observado na Tabela 19, de um total de 2 milhões em todo o país. Foram incluídas na pesquisa 45 subclasses (atividades econômicas), de acordo com a definição da classificação de indústrias adotada internacionalmente - *Standard Industrial Classification* (SIC). As subclasses foram selecionadas com o objetivo de capturar aquelas que possuem grande participação no PIB total e as que possuem prejuízos mais significativos em decorrência dos distúrbios. Dentre estas 45 subclasses, 20 referem-se a empresas relacionadas à economia digital, 6 a empresas de manufatura de processo contínuo e 19 da subclasse de serviços essenciais.

**Tabela 11 – Estratificação da amostra por segmento (setor e tamanho da empresa)**

<b>Número de funcionários</b>	<b>Empresas relacionadas à economia digital</b>	<b>Manufatura de processo contínuo</b>	<b>Serviços essenciais</b>	<b>Total</b>
1 – 19	166	167	167	500
20 – 249	100	100	100	300
acima de 249	67	66	67	200
<b>Total</b>	<b>333</b>	<b>333</b>	<b>334</b>	<b>1000</b>

Procurou-se identificar, inicialmente, em cada consumidor pesquisado, um funcionário com conhecimentos sobre a forma de utilização de energia elétrica na empresa



e como os distúrbios no fornecimento afetam suas operações. Este indivíduo era então, convidado a responder o questionário seja online ou através do correio, conforme sua preferência.

A metodologia utilizada para a estimação do impacto econômico real ocasionado pelos distúrbios, denominada abordagem por meio de custos diretos, tem sido amplamente utilizada por concessionárias para determinação da valoração da confiabilidade do sistema por parte do consumidor.

Os estabelecimentos comerciais e industriais foram pesquisados considerando-se a frequência e duração das perturbações em suas plantas e os impactos ocasionados em suas operações.

Foram desenvolvidos dois tipos de questionários, onde cada um deles apresenta uma série de cenários hipotéticos de ocorrências de falhas, para os quais o entrevistado deve estimar os custos incorridos em sua empresa em um dado momento, para uma duração específica, com ou sem prévia comunicação.

Para cada cenário, os entrevistados deveriam estimar os custos incorridos em decorrência de várias fontes, as quais incluem trabalho ocioso, perdas com materiais, danos em equipamentos e perdas de produção ou vendas (valor líquido da perda na produção que poderia ser recuperada posteriormente através de horas extra de trabalho).

A pesquisa obteve informações sobre a frequência e duração das interrupções sofridas, o que possibilita o cálculo dos custos anuais. A frequência e os prejuízos ocasionados pelos fenômenos de qualidade de energia, além de informações sobre as atividades da empresa foram também obtidas.

Estes dados fornecem a base para comparação do custo líquido dos distúrbios em função da duração e da prévia notificação; o prejuízo anual das interrupções e dos fenômenos de qualidade de energia para os consumidores individuais, baseado na frequência e duração dos distúrbios experimentados por eles; e o custo agregado das interrupções e fenômenos de qualidade de energia para os setores distintos e para todos os setores da economia norte-americana.

Os efeitos ocasionados pelas interrupções variam em função de diversos fatores. Desta forma, o questionário desenvolvido examinou os efeitos de seis cenários específicos, cada um deles variando em função da duração e comunicação prévia e ocorrendo no verão às 14 horas. Os cenários considerados são os seguintes:

**Tabela 12 – Cenários considerados na pesquisa**

<b>Cenário</b>	<b>Duração</b>	<b>Notificação prévia</b>
1	1 segundo	-
2	3 minutos	-
3	1 hora	24 horas de antecedência sobre possibilidade de ocorrência de interrupções
4	1 segundo, seguido de outro 1 segundo dois segundos depois (religamento)	-
5	1 hora	-
6	1 hora	1 hora de antecedência

Estes cenários foram divididos em duas versões de questionários, de modo a reduzir o tempo necessário para realização de cada entrevista.

Para cada cenário, o entrevistado deveria estimar o custo decorrente de diversos impactos. De maneira geral, os impactos estão relacionados a:

- **Retardamento de atividades:** relacionado ao tempo necessário para a retomada das atividades, até o nível anterior ao distúrbio, em função do impacto ocasionado pela interrupção considerada. Quanto maior é esse tempo de reinício, maior é o prejuízo com perdas na produção, vendas ou serviços que deixam de ser realizados;
- **Perdas na produção:** prejuízos que correspondem a diferença entre os custos das perdas na produção e o custo da produção que pode ser recuperada através de horas extras.
- **Custos relacionados a diversas variáveis:**
  - Custos de mão-de-obra:
    - Trabalho ocioso: salários pagos aos empregados incapacitados de trabalhar;
    - Trabalho adicional: custos necessários para recuperar produção perdida, vendas ou serviços (horas e turnos extra, etc.).
  - Custos de materiais: materiais danificados ou desperdiçados, produtos acabados ou inventário.
  - Custos adicionais:
    - Custos extras de reinício de produção;
    - Custos fixos incorridos durante a interrupção e o período de reinício das atividades;
    - Custo de instalações ou equipamentos danificados;
    - Custos de geração de emergência;

- Outros: custos identificados pelos entrevistados como resultado das interrupções.

➤ **Economias realizadas:** incluem materiais não utilizados, economias de energia, trabalho não remunerado e outras possíveis economias identificadas pelos entrevistados que podem ser efetuadas durante a perturbação.

O custo líquido de cada tipo de interrupção é então calculado através da diferença entre o custo total apurado e as economias realizadas. Para calcular a média anual dos custos de interrupção por estabelecimento para cada setor e tamanho da empresa (segmento), primeiramente a frequência média de ocorrência de cada tipo de interrupção é calculada para cada segmento. Em seguida, calcula-se o custo médio para cada tipo de interrupção por segmento. Faz-se a multiplicação entre esses dois valores para obter o custo de cada tipo de interrupção e a soma destes tem como resultado o custo anual das interrupções por estabelecimento, para cada segmento.

Além das interrupções no fornecimento, os fenômenos de qualidade de energia foram também abordados. Os entrevistados foram questionados sobre a frequência, impacto e custos totais devido aos problemas de qualidade de energia.

Finalmente, para fornecer uma estrutura que possibilite a interpretação dos custos de interrupções e problemas de qualidade de energia, informações sobre os estabelecimentos, a respeito de sua receita anual, despesas operacionais, horas de operação e investimentos em tecnologias para mitigação dos custos devem ser também coletadas.

A média de custos anuais para todos os distúrbios (interrupções e problemas de qualidade de energia) por estabelecimento é calculada e multiplicada pela população nacional, regional e estadual de estabelecimentos (em cada segmento) para obter-se a estimativa de custo total para cada um destes níveis, respectivamente.

Conforme exposto anteriormente, os consumidores entrevistados na pesquisa foram considerados por apresentar uma elevada sensibilidade aos distúrbios e, por isso, supõe-se que aqueles não considerados na pesquisa apresentam uma menor sensibilidade e conseqüentemente custos menos significativos.

Diante disso, os custos para os estabelecimentos não pesquisados foram assumidos em intervalos de 25 e 50 % da média dos custos dos consumidores pesquisados (setores considerados na pesquisa) em cada estado. Dessa forma, os custos de todos os distúrbios podem ser calculados adicionando os custos dos setores pesquisados e não pesquisados para obter-se um intervalo de custos para cada estado.

No tocante à análise dos questionários respondidos, para ser incluído na base de dados determinou-se que o mesmo deveria ter mais da metade de suas questões preenchidas. Assim foram aproveitados 985 questionários, dentre um total de 1003 enviados. Com exceção do valor da fatura anual, dados faltantes acerca dos custos foram estimados em valores nulos. Quando não informado, o valor da fatura foi calculado através da média dos valores de consumidores do mesmo segmento (serviços essenciais com mais de 250 funcionários, por exemplo).

Em alguns casos, os valores de custos foram desconsiderados pelo fato de causarem dúvidas em relação a sua veracidade. Isto ocorreu para valores acima de cinco vezes o valor informado na fatura anual de energia. Em outros casos, onde foram encontrados valores extremos, estes foram analisados caso a caso e valores fora dos padrões (muito diferentes da maioria dos dados) foram eliminados e substituídos por valores limites.

Os resultados obtidos na pesquisa demonstram que as interrupções custam mais de 23.000 dólares anualmente para cada um dos 2 milhões de estabelecimentos nos três setores pesquisados. Grande parte do volume destas perdas (US\$ 27,4 bilhões anuais) é concentrada no setor de serviços essenciais que é particularmente vulnerável a danos em equipamentos. As empresas relacionadas à economia digital perdem US\$ 12,8 bilhões por ano devido às interrupções, principalmente em razão da perda de produtividade e trabalho ocioso. Todavia, os maiores prejuízos por estabelecimento estão entre as empresas de manufatura de processo contínuo, as quais sofrem grandes perdas com matéria prima, além das perdas sofridas pelos outros setores. Para este setor as perdas totais anuais foram estimadas em US\$ 5,5 bilhões.

Mesmo interrupções com duração de 1 segundo podem danificar equipamentos e provocar a falha de operações altamente sensíveis ao ponto de tornar o trabalho ocioso enquanto os sistemas são reiniciados. O custo médio de uma interrupção de 1 segundo entre os setores pesquisados foi de US\$ 1.477. Para uma interrupção de 3 minutos e de 1 hora este custo foi de US\$2.107 e US\$7.795, respectivamente. Interrupções de curta duração são também mais frequentes do que interrupções de 1 hora ou mais, sendo que 49% das interrupções reportadas duram menos de 3 minutos.

Os prejuízos em função dos fenômenos relacionados à qualidade de energia somam US\$ 6,7 bilhões por ano. As empresas de economia digital têm perdas menores por estabelecimento, enquanto que o setor de serviços essenciais é mais sensível a esses fenômenos. Este setor tem perdas de US\$ 9.600 anuais por estabelecimento, sendo

responsável por 85% das perdas totais dentre os setores pesquisados. As perdas com danos em equipamentos tem grande importância na estimação destes custos.

Assim, segundo este estudo, considerando todos os setores da economia, os Estados Unidos estão perdendo entre US\$ 104 e US\$ 164 bilhões por ano devido a interrupções e outros US\$ 15 a US\$ 24 bilhões devido a fenômenos de qualidade de energia.

Outros trabalhos (Sullivan *et al.*, 1996, 1997; Sullivan e Sheehan, 2000; Kennedy, 2000; Chowdhury *et al.*, 2004) apresentam também resultados e metodologias empregadas em pesquisas realizadas nos Estados Unidos.

### **2.5.2.3 Estudos realizados no Canadá**

O Canadá possui uma grande tradição em pesquisas para avaliação dos custos de interrupção, tendo realizado diversos estudos, principalmente através dos trabalhos desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisa em Sistemas de Potência da Universidade de Saskatchewan (Wacker e Billinton, 1989; Kos *et al.*, 1991; Subramaniam *et al.*, 1993a, 1993b; Billinton *et al.*, 1993; Tollefson *et al.*, 1994; Gates *et al.*, 1995; Neudorf *et al.*, 1995; Ghajar *et al.*, 1996; Billinton *et al.*, 1997; Wang e Billinton, 2002; Billinton, 2002).

Wacker e Billinton (1989) apresentam uma visão geral sobre as abordagens metodológicas disponíveis para estimar os custos de interrupção (métodos analíticos indiretos, estudos de caso de blecautes e pesquisas junto aos consumidores) e apresentam também a metodologia utilizada e os resultados obtidos em pesquisa realizada pela Universidade de Saskatchewan com consumidores residenciais, rurais, comerciais, industriais e consumidores de grande porte (200 ou mais empregados).

Os autores salientam que uma vez decidido sobre a utilização da abordagem por meio de um método direto de pesquisa junto ao consumidor para o cálculo dos custos, a consideração mais importante no desenvolvimento do questionário passa a ser a escolha do modo como os custos serão determinados. Isto pode ser realizado através de três maneiras:

- Solicitação direta sobre os custos de interrupção para um dado cenário;
- Disposição a pagar ou a receber para evitar ou sofrer a interrupção, respectivamente; e
- Estimação do custo de modo indireto através da informação dada pelo consumidor.

A solicitação direta sobre os custos de interrupção para um dado cenário pode ser empregada (Billinton e Allan, 1998) nas situações em que a maioria das perdas são consideradas tangíveis, diretamente identificáveis e quantificáveis.

Dentre as questões possíveis para obtenção do custo por meio da estimação indireta tem-se, dentre outras, a pergunta sobre o valor de um eventual pedido de ressarcimento necessário para compensar os prejuízos causados pelos distúrbios e a previsão de quais ações preparatórias o consumidor iria tomar no caso de ocorrência das interrupções.

Esta estimação indireta difere dos métodos analíticos indiretos, dado que neste caso é o consumidor que está fornecendo a informação necessária para o cálculo do custo, enquanto que os métodos analíticos indiretos calculam os custos de interrupção através de índices e variáveis macroeconômicas, sem que seja preciso realizar a pesquisa junto ao consumidor.

A abordagem através de ações preparatórias tem sido bastante empregada, em substituição ao método de avaliação direta, na maioria das pesquisas com consumidores residenciais e rurais realizadas no Canadá e tem conduzido a resultados satisfatórios. Através deste método o consumidor é apresentado a diversas ações preparatórias que podem ser tomadas contra as interrupções de modo a amenizar seus impactos.

Estas ações preparatórias são associadas a valores monetários e variam desde a realização de nenhuma atitude até a compra de geradores de emergência capazes de suprir toda a carga do consumidor. Para cada cenário considerado, o cliente deve prever a ação preparatória necessária para mitigar os possíveis prejuízos.

Desta maneira, o valor que o consumidor está disposto a gastar para se precaver dos efeitos causados pelos distúrbios é estimado como sendo igual ao custo das ações escolhidas.

Informações sobre o tamanho da amostra, taxa de respostas e número de atividades econômicas por setor, abordadas na pesquisa, podem ser observadas abaixo:

**Tabela 13 – Informações da Pesquisa**

<b>Setor</b>	<b>Amostra (nº de consumidores)</b>	<b>Taxa de resposta (%)</b>	<b>Número de classes consideradas</b>
Residencial	13.359	37,0	8
Comercial	3.624	30,7	55
Industrial	2.311	24,0	25
Grandes Consumidores	16	94,0	8
Rural	16.470	36,6	26

O questionário utilizado para os consumidores residenciais foi desenvolvido considerando, principalmente, as atitudes destes em face aos distúrbios, dependência em relação ao aquecimento interno da residência e experiência em função de eventos passados.

O questionário foi dividido em duas etapas. Na primeira delas o consumidor foi estimulado a realizar análises qualitativas considerando a severidade do impacto causado pela interrupção a diversas atividades domésticas e utilizações da energia.

A segunda etapa consistiu de avaliações quantitativas (monetárias) através de uma análise indireta e através do método de disposição a pagar e a receber em função de modificações na confiabilidade do sistema.

A abordagem indireta, utilizada no questionário desenvolvido para o setor residencial, foi realizada através do questionamento sobre quais ações preparatórias o consumidor tomaria para mitigar os efeitos das interrupções. Dentre as ações possíveis foram dadas aos entrevistados a opção de compra de velas, lanternas, aluguel ou compra de geradores, dentre outras. Então os custos referentes às opções escolhidas seriam somados para se obter os custos totais relativos às ações preparatórias.

Outras informações foram também solicitadas nos questionários, como por exemplo, o número de membros residentes no domicílio, suas idades, grau de instrução e sobre a existência de atividade geradora de renda dentro da residência.

O questionário dos consumidores rurais foi bastante similar aos residenciais, contando apenas com algumas adaptações necessárias.

Já os questionários para os consumidores comerciais, industriais e grandes consumidores foram desenvolvidos com o propósito de avaliar, qualitativamente, a dependência do consumidor em função da utilização final da energia e também avaliar os custos de forma quantitativa.

A avaliação quantitativa foi alcançada por meio da abordagem direta onde os consumidores foram requisitados a estimar os custos sofridos por suas empresas considerando diversos cenários.

Os consumidores comerciais foram instruídos a considerar prejuízos com perdas de negócios ou vendas, salários pagos aos empregados impossibilitados de trabalhar, equipamentos e materiais danificados, etc.

Para os industriais e grandes consumidores, foram incluídos prejuízos com equipamentos danificados, matérias primas e produtos acabados danificados ou estragados, custo referente aos procedimentos necessários para o reinício da produção (limpeza,

manutenção, etc.) e custos como operação de equipamentos de proteção ou procedimentos especiais para prevenção dos prejuízos.

Os entrevistados foram também questionados a estimar os valores com eventuais economias caso fossem avisados previamente sobre o momento de ocorrência e a duração da interrupção.

Além destes dados, foram solicitadas informações sobre a natureza e tamanho da empresa, como número de funcionários, turnos de produção, volume de vendas, etc.

O resultado final da estimação dos custos para os setores considerados na pesquisa pode ser observado nas tabelas a seguir. São apresentados valores médios dos custos por interrupção, em dólares canadenses (C\$), custos por interrupção normalizados pelo consumo anual de energia (C\$/kWh) e pela demanda de pico anual (C\$/kW).

**Tabela 14 – Estimação de custos para o setor rural (C\$ em 1985)**

<b>Duração da interrupção</b>	<b>Custo por interrupção (C\$/int.)</b>	<b>Custo normalizado por consumo (C\$/kWh)</b>	<b>Custo normalizado por demanda (C\$/kW)</b>
20 minutos	1,58	0,000032	0,068
1 hora	7,98	0,00016	0,34
4 horas	66,02	0,00135	2,82
8 horas	185,55	0,00378	7,88

Taxa de câmbio: 1 US\$ = 1,3975 C\$ (1985)

**Tabela 15 – Estimação de custos para o setor residencial (C\$ em 1980)**

<b>Duração da interrupção</b>	<b>Custo por interrupção (C\$/int.)</b>	<b>Custo normalizado por consumo (C\$/kWh)</b>	<b>Custo normalizado por demanda (C\$/kW)</b>
20 minutos	0,22	0,000028	0,06
1 hora	1,18	0,000156	0,31
4 horas	11,87	0,001566	3,16

Taxa de câmbio: 1 US\$ = 1,1692 C\$ (1980)

**Tabela 16 – Estimação de custos para o setor comercial (C\$ em 1980)**

<b>Duração da interrupção</b>	<b>Custo por interrupção (C\$/int.)</b>	<b>Custo normalizado por consumo (C\$/kWh)</b>	<b>Custo normalizado por demanda (C\$/kW)</b>
1 minuto	21	0,000106	0,28
20 minutos	131	0,000707	2,05
1 hora	340	0,002046	5,88
4 horas	919	0,007533	21,51
8 horas	3.418	0,019523	63,06

Taxa de câmbio: 1 US\$ = 1,1692 C\$ (1980)



**Tabela 17 – Estimação de custos para o setor industrial (C\$ em 1980)**

<b>Duração da interrupção</b>	<b>Custo por interrupção (C\$/int.)</b>	<b>Custo normalizado por consumo (C\$/kWh)</b>	<b>Custo normalizado por demanda (C\$/kW)</b>
1 minuto	2.748	0,000215	0,70
20 minutos	6.185	0,000862	2,88
1 hora	11.385	0,001830	5,19
4 horas	19.241	0,005179	13,87
8 horas	42.259	0,009956	27,60

Taxa de câmbio: 1 US\$ = 1,1692 C\$ (1980)

**Tabela 18 – Estimação de custos para grandes consumidores (C\$ em 1980)**

<b>Duração da interrupção</b>	<b>Custo por interrupção (C\$/int.)</b>	<b>Custo normalizado por consumo (C\$/kWh)</b>	<b>Custo normalizado por demanda (C\$/kW)</b>
1 minuto	30.812	0,000538	1,80
20 minutos	37.308	0,000881	2,22
1 hora	47.976	0,001758	3,19
4 horas	101.125	0,003356	6,89
8 horas	161.098	0,005966	10,47

Taxa de câmbio: 1 US\$ = 1,1692 C\$ (1980)

Em 1991 (CIGRE, 2000) foi realizada uma nova pesquisa pela Universidade de Saskatchewan em parceria com o Conselho de Pesquisa em Engenharia e Ciências Naturais (NSERC). Foram considerados os setores residencial, comercial e industrial e o resultado comparativo com a pesquisa anterior pode ser observado nas figuras 1-3. Na pesquisa de 1991 foram também incluídas interrupções de 8 e 24 horas para o setor residencial e de 2 segundos, 2 e 24 horas de duração para os setores comercial e industrial. Os resultados estão normalizados pela demanda de pico em C\$/kW. É interessante notar que no caso dos consumidores residenciais os custos normalizados pela demanda de pico foram menores que os obtidos na pesquisa de 1980. Isso aconteceu pois, embora os custos médios estimados tenham aumentado, a demanda teve um aumento substancialmente maior, o que resultou em valores normalizados menores.

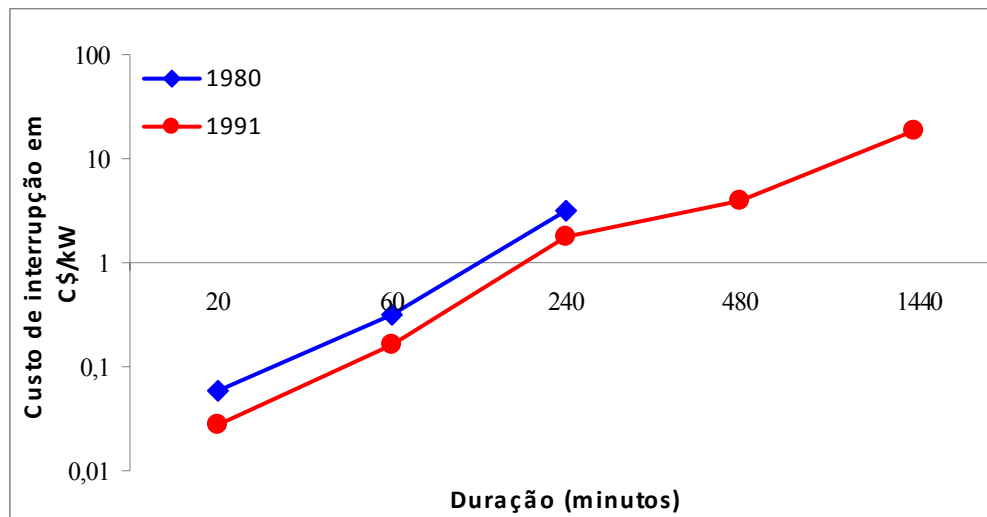


Figura 1 – Comparação entre os resultados de 1980 e 1991 para o setor residencial

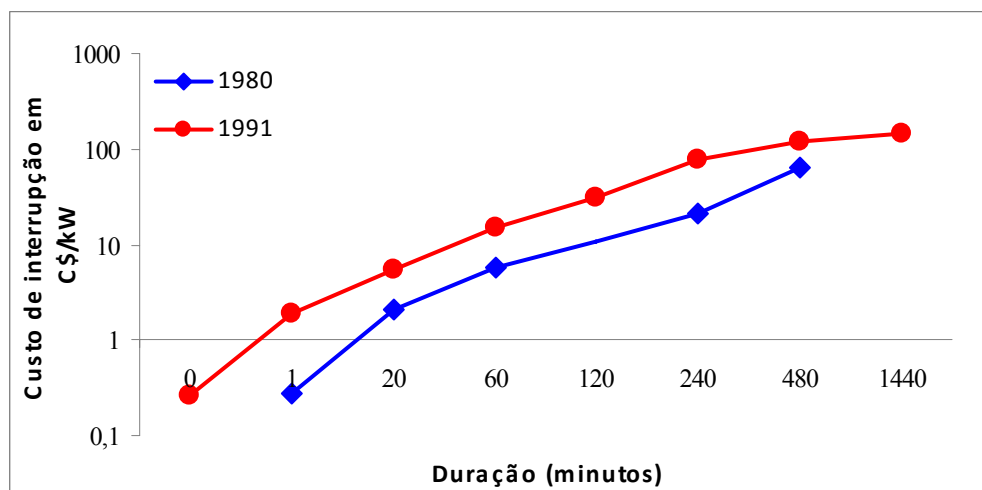


Figura 2 – Comparação entre os resultados de 1980 e 1991 para o setor comercial

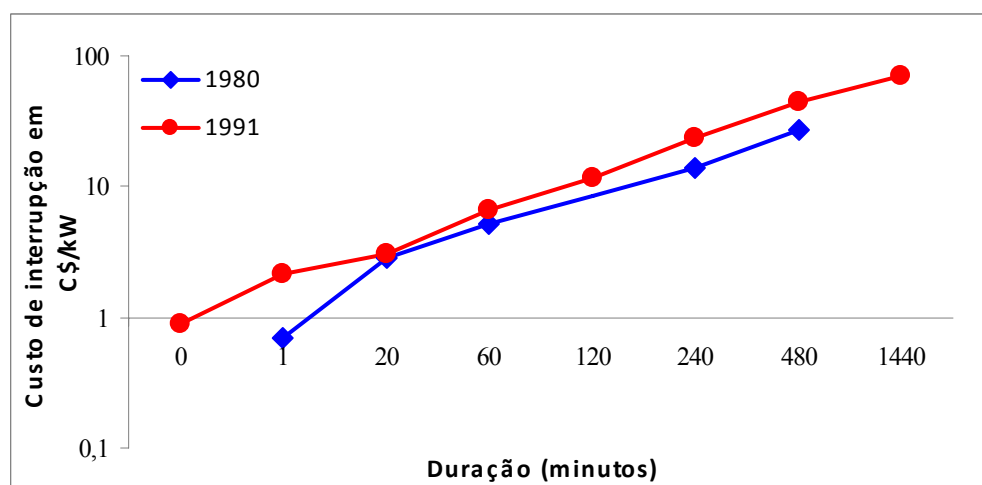


Figura 3 – Comparação entre os resultados de 1980 e 1991 para o setor industrial

#### 2.5.2.4 Estudos realizados na Austrália

Nos anos de 1996 e 1997 foram realizados na Austrália pela universidade de Monash, estudos com a finalidade de determinar o valor da confiabilidade através do custo das interrupções no fornecimento de energia (Khan, 1997, *apud* CIGRE, 2000).

As pesquisas foram conduzidas com consumidores residenciais, comerciais, industriais, rurais e grandes consumidores (200 ou mais empregados) através do desenvolvimento de questionários apropriados para cada tipo de consumidor.

No desenvolvimento dos questionários foi considerado que o impacto de uma interrupção depende principalmente das características (Chowdhury e Koval, 2004) do próprio consumidor, ou seja, do tipo de consumidor, a utilização da energia (iluminação, operação de motores, refrigeração, etc.) e sua atitude tomada em relação à interrupção. O impacto depende também do período de ocorrência no dia, semana ou no ano, antecedência de aviso prévio, duração, frequência e extensão física da interrupção, dentre outros. Fatores como temperatura externa no momento da falha são também relevantes para determinação do impacto causado naquele país.

Os questionários foram desenvolvidos através de uma interação com pesquisadores internacionais e com indústrias locais e tiveram como base pesquisas anteriores realizadas em diversos países. Dentre elas podemos destacar as pesquisas realizadas no Canadá (citadas anteriormente), pela Universidade de Saskatchewan em 1980 (residenciais, comerciais, industriais e grandes consumidores) e 1985 (rurais), pela Ontario Hydro em 1977 e 1978 e na Inglaterra pelo Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade de Manchester – UMIST (Kariuki e Allan, 1996a, 1996b).

A pesquisa foi conduzida através do envio dos questionários por correio para uma amostra aleatória de consumidores em cada setor, compreendendo todos os estados da Austrália. O processo de envio foi completado através de três etapas. Primeiramente, foi enviada uma carta de introdução junto com o questionário, depois uma carta para lembrar os consumidores de responder a pesquisa e finalmente uma nova carta e o questionário para aqueles que ainda não haviam respondido.

Valores de custos para interrupções de diversas durações foram obtidos através das pesquisas e com isso foi possível obter os custos de interrupção em função da duração para cada classe de consumo pesquisada. Os custos para os consumidores residenciais estão

relacionados a ações preparatórias associadas a cada cenário hipotético proposto e para os outros consumidores são estimações diretas associadas a cada cenário.

Para os consumidores residenciais, foram consideradas interrupções com as seguintes durações e frequências:

- 20 minutos por mês;
- 1 hora por mês;
- 2 horas por mês;
- 4 horas por mês;
- 4 horas por semana;
- 4 horas por ano;
- 8 horas por ano;
- 24 horas por ano;
- 48 horas por ano.

Para os setores comercial, industrial e grandes consumidores, foram avaliadas interrupções em função apenas da duração de ocorrência, variando de 2 segundos a 1 dia e os intervalos considerados são os seguintes:

- 2 segundos;
- 1 minuto;
- 20 minutos;
- 1 hora;
- 2 horas;
- 4 horas;
- 8 horas;
- 1 dia.

No setor rural foram avaliados os mesmos cenários mostrados acima, com exceção da interrupção de 2 segundos, que não foi considerada.

Os custos por interrupção para cada setor foram normalizados em relação ao consumo total anual de energia elétrica, obtido das concessionárias de distribuição. Médias simples foram utilizadas para calcular o custo de interrupção por unidade pesquisada.

Interrupções no fornecimento de energia para os setores comercial, industrial e grandes consumidores têm efeitos distintos e seus custos são mais elevados se comparados aos setores residencial e rural. Isto ocorre pelo fato de que interrupções para os consumidores comerciais tendem a estar relacionadas à incapacidade de prestação de

serviços e/ou realização de vendas. Por outro lado, para os industriais e grandes consumidores as interrupções tendem a estar relacionadas à incapacidade de produção.

Uma metodologia de avaliação direta dos custos foi utilizada no questionário para determinar os custos associados às interrupções de energia em cada um dos setores. No caso do setor residencial, os valores de custos foram obtidos tendo como base uma interrupção não programada ocorrendo às 16 horas em um dia de semana no inverno. Os entrevistados nos setores comercial, industrial e grandes consumidores foram orientados a estimar as perdas em suas companhias para diversos cenários, supondo a ocorrência de uma interrupção sem aviso prévio, no pior momento possível (período do dia, dia da semana ou mês) de acordo com indicação realizada em pergunta anterior. O resultado das informações obtidas nas perguntas sobre os custos é o valor monetário associado a cada duração de interrupção. Já os custos por interrupção para os consumidores rurais foram calculados da mesma maneira empregada para o setor residencial.

Os custos reportados para cada setor foram totalizados e depois divididos pelo número de entrevistados, obtendo-se assim o valor médio por interrupção (AU\$/interrupção), em dólares australianos. Como observado anteriormente, foram também obtidos custos normalizados pelo consumo anual dos entrevistados em AU\$/kWh.

A Tabela 19 mostra o custo de interrupção normalizado pelo consumo, em AU\$/kWh, para os consumidores residenciais, comerciais, rurais e o agrupamento formado entre o setor industrial e grandes consumidores da Austrália.

**Tabela 19 – Custo de interrupção (AU\$/kWh) para os quatro setores da Austrália**

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Residencial</b>	<b>Comercial</b>	<b>Rural</b>	<b>Industrial e Grandes Consumidores</b>
2 segundos	-	0,0028878	-	0,0003109
1 minuto	-	0,0025075	0,0070095	0,0005253
20 minutos	-	0,0057831	0,0101244	0,0009119
1 hora	-	0,0100642	0,0140808	0,0020501
2 horas	-	0,008101	0,0170702	0,0017585
4 horas	0,0007998	0,0144498	0,0516775	0,0036297
8 horas	0,0019915	0,0463865	0,084501	0,0093795
24 horas	0,0091815	0,0630055	0,232201	0,0143564
48 horas	0,0212112	-	-	-

Taxa de câmbio entre 0,76 e 0,80 US\$/AU\$ durante a pesquisa

#### 2.5.2.5 Estudos realizados em outros países

Além dos estudos anteriormente citados, em CIGRE (2000) são apresentados resultados e metodologias utilizadas em trabalhos conduzidos na Arábia Saudita, Dinamarca, Iran, Suécia, Inglaterra, Grécia, Nepal, Nova Zelândia, Noruega e Portugal.

Em 1989 na **Arábia Saudita** foram realizados estudos sobre o impacto de restrições no fornecimento da energia elétrica em consumidores residenciais da cidade de Riyadh. Nesta pesquisa, foi verificado o grau de desconforto e ansiedade resultante das interrupções de energia elétrica. Os consumidores residenciais foram solicitados a responder, baseados numa escala que variava de 0 (nenhum efeito indesejável) até 5 (extremamente indesejável), o seu nível de desconforto resultante da impossibilidade de utilizar os seus aparelhos eletrodomésticos como os equipamentos da cozinha, máquinas de lavar, ar condicionado, luz, televisores, gravadores, vídeo-cassete, micro-computadores e outros aparelhos de lazer.

As respostas revelaram aspectos culturais e climáticos envolvidos nas escolhas e mostraram que os equipamentos mais críticos seriam o ar condicionado, seguido da iluminação, instalações da cozinha e máquinas de lavar. Os aparelhos relacionados ao lazer e entretenimento apareceram em último lugar na lista de preferência (Camargo, 1996).

Além destas pesquisas podemos destacar outros dois estudos realizados nos anos de 1991 e 1995, também na Arábia Saudita, com os setores residencial, comercial e industrial. A metodologia utilizada baseou-se na análise da qualidade do serviço oferecido, histórico de ocorrências de falha, tipos de moradia, grau de privação e desconforto como resultado da interrupção (no caso dos consumidores residenciais), a disposição a pagar por parte do consumidor para evitar as falhas de suprimento e o impacto causado pelas interrupções em períodos críticos, como nos períodos de verão onde geralmente ocorre o pico de demanda anual.

No estudo de 1991, para os consumidores residenciais foi utilizado o método de disposição a pagar e os resultados mostraram que os impactos são centrados principalmente, no desconforto, ansiedade e inconveniência gerada pelos distúrbios e estes efeitos intangíveis podem muitas vezes superar as perdas materiais. Os consumidores comerciais e industriais tiveram os custos estimados por meio da avaliação dos entrevistados sobre os prejuízos ocasionados pelas interrupções, em suas companhias e

estabelecimentos comerciais. Estes setores, por sua vez, sofrem o impacto como resultado da paralisação nos negócios e na produção.

Através da análise dos resultados, foi ainda concluído que as perdas aumentam de forma não linear com o aumento da duração do distúrbio. Os resultados encontrados estão apresentados abaixo:

**Tabela 20 – Custo de interrupção (SR/kWh) para os setores pesquisados na Arábia Saudita em 1991**

Duração da Interrupção	Residencial	Comercial	Industrial
20 minutos	0,2146	3,93	67
1 hora	0,8048	9,75	496
4 horas	4,382	197,60	980
8 horas	97,32	987,0	5843,0

Taxa de câmbio: 1 US\$ = 3,75 SR

A obtenção dos custos para o setor residencial, realizada na pesquisa de 1995, considerou duas abordagens. A primeira foi baseada em pesquisa junto ao consumidor e a segunda em um modelo matemático focado no valor do lazer desperdiçado e das atividades paralisadas durante a interrupção no fornecimento de energia. Foram considerados intervalos de 20 minutos, 1, 4 e 8 horas de duração e os resultados apresentaram-se mais elevados na abordagem teórica em relação aos resultados obtidos na pesquisa de campo (Tabela 21).

**Tabela 21 – Custo de interrupção (SR/kW) para o setor residencial na Arábia Saudita em 1995**

Duração da Interrupção	Modelo Teórico	Pesquisa
20 minutos	0,238	0,213
1 hora	5,567	1,114
4 horas	28,562	11,535
8 horas	77,543	35,312

Taxa de câmbio: 1 US\$ = 3,75 SR

Na **Dinamarca** podemos destacar duas pesquisas realizadas nos anos de 1980 e 1994 com os setores residencial, comercial, industrial, rural e setor público. Na pesquisa de 1980, a estimação dos custos foi baseada na utilização de questionários e informações obtidas por meio de especialistas com conhecimentos acerca do impacto causado por restrições de suprimento. Foram consideradas interrupções de 1, 2, 4 e 8 horas de duração. Os resultados desta pesquisa, atualizados para valores de 1993 (1 US\$ = 6,49 DKK) são mostrados na Tabela 22.

A pesquisa de 1994 (Tabela 23) foi realizada na Noruega e Finlândia, além da Dinamarca e baseou-se somente na utilização de questionários. A duração das interrupções consideradas foi de 1 segundo, 1 e 15 minutos, 1, 4 e 8 horas.

**Tabela 22 – Custo de interrupção (DKK/kW em 1993) para os setores pesquisados na Dinamarca**

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Residencial</b>	<b>Rural</b>	<b>Industrial</b>	<b>Comercial</b>	<b>Setor Público</b>
1 hora	26,3	-	31,9	28,2	47,0
2 horas	11,4	22,6	56,3	56,3	94,0
4 horas	42,9	90,1	105,2	131,4	188,0
8 horas	85,7	376,0	210,6	300,5	376,0

Os custos para o setor residencial foram obtidos através do desenvolvimento de questionários baseados na metodologia de disposição a pagar por parte dos consumidores para evitar interrupções não programadas no fornecimento de energia. No caso do setor rural, os custos foram estimados baseados nas informações fornecidas por consultores, e nos setores comercial e industrial, os resultados foram obtidos a partir da análise de questionários enviados às empresas após a ocorrência de saídas forçadas.

**Tabela 23 – Resultados da pesquisa de 1994 realizada na Dinamarca (DKK/kW em 1993)**

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Residencial</b>	<b>Rural</b>	<b>Industrial</b>	<b>Comercial</b>	<b>Setor Público</b>
1 hora	26,3	-	31,9	28,2	47,0
2 horas	11,4	22,6	56,3	56,3	94,0
4 horas	42,9	90,1	105,2	131,4	188,0
8 horas	85,7	376,0	210,6	300,5	376,0

Um estudo envolvendo os consumidores residenciais, comerciais e industriais foi realizado no **Iran** em 1995. Porém, devido à grande diferença entre as respostas obtidas, em função da localização geográfica, diferenças culturais e diversos outros fatores, não foi possível a utilização de uma metodologia única para avaliação dos custos. Diante disso, foram empregados três métodos distintos de forma a minimizar a divergência encontrada. São eles: método de disposição a pagar, método analítico baseado na observação do mercado e método de obtenção direta dos prejuízos sofridos pelo consumidor em função dos distúrbios.

Esta abordagem, por meio de custos diretos, contrasta com outro método de pesquisa comumente utilizado, denominado de avaliação contingencial ou método de disposição a pagar, que por sua vez, é mais indicado para determinação do mercado de soluções para as perturbações do que para a estimação do impacto econômico real ocasionado pelos distúrbios.

Os custos de interrupção foram divididos em custos diretos e indiretos, onde os custos diretos incluem efeitos diretos ocasionados pela interrupção nas atividades e na produção. Os custos indiretos resultam das respostas às interrupções e incluem as



atividades exercidas pelos consumidores para compensar os efeitos causados pela interrupção. Foram consideradas interrupções com 2 segundos, 1 e 20 minutos, 1 e 2 horas de duração para os setores comercial e industrial e 1 e 2 horas para o setor residencial. Os resultados da pesquisa, normalizados pela demanda de pico podem ser observados na seguinte tabela:

**Tabela 24 – Custo de interrupção (Rials/kW) para os setores pesquisados no Iran**

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Residencial</b>	<b>Comercial</b>	<b>Industrial</b>
2 segundos	-	16,98	539,89
1 minuto	-	16,98	539,89
20 minutos	-	193,7	911
1 hora	2380	3640	5760
2 horas	7140	10920	14400

Taxa de câmbio: 1 US\$ = 3000 Rials (1995)

A abordagem de pesquisa junto ao consumidor foi também realizada na **Suécia** em 1994 considerando interrupções planejadas e não planejadas para as classes residencial, rural, comercial, pequenas (menos de 100 funcionários) e grandes indústrias (mais de 100 funcionários). O método de abordagem por meio de avaliação contingencial, onde os consumidores são questionados a estimar sua disposição a pagar para evitar as interrupções, foi aplicado para os consumidores residenciais e métodos de custos diretos para os outros setores. Foram considerados cenários hipotéticos com durações de interrupção de 2 minutos, 1, 4 e 8 horas ocorrendo no momento da demanda de pico do país (uma tarde de janeiro no inverno). Todos os custos foram normalizados pela demanda de pico (SEK/kW), conforme mostra a Tabela 25.

Os grandes consumidores industriais foram divididos em dez subclasses. As indústrias têxteis apresentaram a maior sensibilidade (maiores custos) em relação às falhas no fornecimento e as indústrias de mineração apresentaram os menores custos em unidades monetárias por kW de demanda de pico (Tabela 26).

**Tabela 25 – Resultados da pesquisa realizada na Suécia (SEK/kW em 1994)**

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Residencial</b>	<b>Rural</b>	<b>Comercial</b>	<b>Pequenas Indústrias</b>	<b>Grandes Indústrias</b>
2 minutos	0,80	4,50	13,50	9,30	18,20
1 hora	2,40	21,00	61,90	36,40	42,30
4 horas	9,10	74,90	229,00	149,00	93,80
8 horas	25,60	215,00	683,00	320,00	172,00

**Tabela 26 – Comparação entre grandes consumidores industriais (SEK/kW em 1994)**

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Indústria de Mineração</b>	<b>Indústria Têxtil</b>
2 minutos	2,90	90,50
1 hora	6,00	122,00
4 horas	21,60	241,00
8 horas	34,40	410,00

Taxa de câmbio: 1 US\$ = 7,7413 SEK (1994)

Outras pesquisas foram também realizadas junto aos consumidores em países como Inglaterra (Kariuki e Allan, 1996a, 1996b), Tailândia (Billinton e Allan, 1998), Noruega (Kjølle *et al.*, 2001; Samdal *et al.*, 2003, 2006), Nepal (Pandey e Billinton, 1999; Billinton e Pandey, 1999) e Coréia do Sul (Nam *et al.*, 2004).

## **2.6 Considerações Finais**

Este capítulo apresentou uma revisão da literatura, a qual servirá como fundamentação para o desenvolvimento da metodologia proposta no capítulo seguinte.

Foram analisados os custos decorrentes de problemas no fornecimento de energia elétrica sob o ponto de vista dos consumidores e concessionárias. A legislação e os aspectos regulatórios (continuidade e conformidade dos níveis de tensão e ressarcimento de danos) envolvidos na qualidade da energia e dos serviços prestados foram também abordados.

Considerações a respeito das metodologias utilizadas para cálculo dos custos associados a problemas de qualidade de energia, em especial, interrupções no fornecimento foram realizadas. No entanto, essencialmente, o objetivo primordial deste capítulo foi o de apresentar alguns estudos elaborados por pesquisadores e instituições de diversos países.

Nesse sentido, foi apresentada, seguindo uma ordem cronológica, a evolução dos estudos realizados no Brasil, assim como estudos de grande valor teórico e relevantes resultados práticos realizados nos Estados Unidos, Canadá, Austrália e em outros países.

Contudo, vale ressaltar que a comparação direta dos custos de interrupção obtidos para diferentes países ou mesmo diferentes regiões e classes de consumidores, deve ser analisada com bastante cautela, uma vez que a avaliação destes custos não dependem somente da metodologia e processos utilizados, mas sobretudo, das características sociais, culturais e sócio-econômicas de cada região pesquisada.

Dessa forma, então, o próximo capítulo apresentará a metodologia proposta para cálculo dos custos de interrupção e outros distúrbios relacionados à qualidade de energia,

baseada em pesquisa junto aos consumidores e formulada a partir da análise criteriosa dos trabalhos aqui apresentados.

# Capítulo 3

## Metodologia Proposta

---

### 3.1 Considerações Iniciais

Atualmente, as empresas distribuidoras de energia e os consumidores finais têm tomado conhecimento da importância em se avaliar o impacto causado pelas imperfeições no fornecimento de energia elétrica. Esta avaliação é fundamental na determinação do valor da confiabilidade, ou seja, o valor dos prejuízos causados aos consumidores em consequência das interrupções e outros fenômenos associados ao fornecimento de energia elétrica (Wacker e Billinton, 1989).

O nível de confiabilidade adequado a um sistema deve ser mensurado através de uma análise de custo-benefício onde o custo de operação, manutenção e novos investimentos no sistema devem ser avaliados em relação aos benefícios trazidos ao consumidor. Porém, a valoração destes benefícios constitui uma tarefa árdua que pode ser melhor avaliada através da quantificação dos impactos ocasionados aos consumidores em razão das imperfeições do sistema.

A estimativa destes impactos deve ser realizada com o intuito de determinar pontos vulneráveis do sistema e assim, auxiliar o planejamento e as decisões de novos investimentos e melhorias com base na minimização dos custos totais requeridos para atingir determinado nível de confiabilidade.

Desse modo, o objetivo do presente capítulo é apresentar uma metodologia para cálculo dos custos de interrupção e de outros distúrbios associados ao fornecimento de energia.

A metodologia proposta consiste de uma abordagem para obtenção dos custos dos distúrbios através do método de pesquisa junto ao consumidor. A mesma considera o valor econômico da falta de energia elétrica para os setores industrial, comercial e residencial e foi desenvolvida através da verificação e análise de trabalhos e pesquisas realizadas acerca do assunto, principalmente a partir da década de 80 onde os distúrbios no fornecimento passaram a receber grande atenção e despertar o interesse de agentes e instituições do setor elétrico.

### 3.2 Método de Pesquisa

A coleta de dados junto aos consumidores é uma maneira de levantar informações de modo sistemático e assim contribuir para o entendimento e a correta avaliação dos impactos econômicos associados aos problemas de qualidade de energia que eles enfrentam ou podem vir a enfrentar. Para a realização de tais levantamentos podem ser utilizadas diversas estratégias metodológicas, conforme observado no capítulo anterior.

Uma das metodologias mais utilizadas é a realização de uma pesquisa por amostragem, feita por meio de aplicação de questionário ou de entrevista estruturada, com um grupo representativo de indivíduos, denominada na literatura como **método de survey** (Malhotra, 2001).

O método de *survey*, que consiste de um método de pesquisa direta, empregado no presente trabalho, baseia-se no interrogatório dos participantes, aos quais se fazem várias perguntas com o objetivo de obter as informações requisitadas. Este método utiliza um questionário estruturado dado a uma amostra de uma população e destinado a provocar informações específicas dos consumidores entrevistados. O questionário é estruturado de modo a apresentar questões em uma ordem pré-especificada, visando a uma certa padronização no processo de coleta de dados.

Através do questionário os consumidores são solicitados a estimar os custos e perdas sofridas devido aos distúrbios no fornecimento de energia elétrica. Entretanto, estes instrumentos são também utilizados para aquisição de outras informações que possam ser relevantes em relação à área geográfica a ser pesquisada e para o planejamento e obtenção de dados específicos por parte da empresa de distribuição de energia. Como por exemplo, a percepção e as expectativas do consumidor em relação à qualidade do fornecimento, as

causas dos distúrbios e a disposição a pagar para obtenção de uma melhora nesta qualidade.

Os dados obtidos através destas pesquisas propiciam um conhecimento mais aprofundado sobre a dependência do consumidor em relação à energia (eletrodependência), a natureza dos custos e o efeito dos problemas de qualidade de energia sobre o consumidor pesquisado.

O método de pesquisa direta (*survey*) propicia a estimação dos prejuízos sofridos pelos consumidores e sua utilização é ainda justificada pelo fato de que o consumidor encontra-se na melhor posição para avaliar estas perdas (Billinton, 2002; Subramaniam, 1993a) pois ele é o maior conhecedor de seus processos e atividades e como a energia elétrica influi nos mesmos. Dentre suas principais vantagens (Gomes e Schilling, 1997; Billinton, 2002) pode-se destacar:

- Os dados obtidos são confiáveis pelo fato de que as respostas são limitadas às alternativas mencionadas e a codificação, a análise e a interpretação dos dados são relativamente simples;
- Determina com precisão o grau de dependência entre o processo produtivo e a utilização da energia elétrica em cada consumidor pesquisado;
- Pode-se determinar, devido à estratificação dos consumidores, os custos de interrupção específicos para cada ramo de atividade;
- Determina os custos de interrupção em função da duração da mesma.

A grande desvantagem, porém, consiste no fato de que os entrevistados podem ser incapazes ou relutantes em prestar a informação desejada, podem responder de maneira tendenciosa e também devido à dificuldade de formulação das perguntas por parte do planejador da pesquisa (Malhotra, 2001).

Os métodos de *survey* podem ser classificados segundo o modo de aplicação do questionário em quatro maneiras principais:

- 1) Entrevistas telefônicas;
- 2) Entrevistas pessoais;
- 3) Entrevistas pelo correio; e
- 4) Entrevistas eletrônicas.

Cada um destes métodos possui características e particularidades específicas, as quais devem ser levadas em consideração e comparadas para determinar o modo mais apropriado, de acordo com os requisitos do estudo em questão. No entanto, dependendo de

fatores como necessidade de informação, restrições orçamentárias (tempo e dinheiro) e características do entrevistado, mais de um método pode ser apropriado, pois os mesmos não são mutuamente excludentes. Ao contrário, podem ser empregados de modo complementar para utilizar os pontos fortes de cada um e compensar as respectivas fraquezas (Malhotra, 2001).

### 3.2.1 Etapas da Pesquisa

A pesquisa visa coletar dados pertinentes através da utilização de metodologias e técnicas específicas e transformá-los em informações que venham a auxiliar as concessionárias de distribuição durante o processo de planejamento dos sistemas. É útil também para os próprios consumidores, no planejamento de suas instalações e análise dos investimentos necessários para mitigar os prejuízos causados por falhas no fornecimento.

No atual ambiente do setor elétrico os consumidores tendem a ser tratados como clientes e não apenas como cargas do sistema. A consideração dos consumidores como clientes do serviço prestado pelos agentes do setor implica no conhecimento de seus interesses, desejos e necessidades quanto à qualidade do serviço prestado. Por isso, a pesquisa é a função que conecta o cliente (consumidor) ao provedor dos serviços através da informação. A pesquisa especifica a informação destinada a identificar e definir os problemas e prejuízos, gerar, refinar e avaliar as ações necessárias para mitigar estes prejuízos. Portanto, as entrevistas propiciam coletar informações, gerenciar e implementar o processo de coleta de dados, analisar os resultados e comunicar os achados e suas implicações (Mattar, 1999).

O desenvolvimento de uma metodologia para obtenção dos custos de interrupção e outros distúrbios requer o planejamento de uma série de etapas, que compreendem desde a definição de quais informações serão relevantes e necessárias, até a demonstração dos resultados obtidos de forma que possam ser utilizados no processo de tomada de decisões.

Segundo Mattar (1999), um processo de pesquisa compreende quatro diferentes etapas: reconhecimento de um problema, planejamento, execução (coleta de dados, processamento, análise e interpretação) e comunicação dos resultados:

- **Reconhecimento do problema:** consiste na correta identificação e definição do problema que se pretende resolver e que possa efetivamente receber

contribuições valiosas da pesquisa na sua solução. O pesquisador deve levar em conta a finalidade de estudo, que informações são necessárias e como elas serão usadas na tomada de decisões;

- **Planejamento:** compreende a definição dos objetivos da pesquisa e de toda sua operacionalização: determinação das fontes de dados, escolha dos métodos de pesquisa, da forma de coleta dos dados, da construção e teste do instrumento de coleta dos dados, da definição do plano de amostragem e do tamanho da amostra, da definição dos procedimentos de campo, da elaboração do plano de processamento e análises, da definição dos recursos necessários (humanos, financeiros, tecnológicos e materiais), da definição de uma estrutura organizacional para a equipe da pesquisa com definição de responsabilidades e do estabelecimento de um cronograma com definição de prazos e datas para o cumprimento de cada etapa e de suas subdivisões;
- **Execução:** a execução da pesquisa compreende duas atividades: a coleta dos dados e seu processamento, análise e interpretação:
  - *Coleta de dados:* compreende o efetivo trabalho de recolhimento dos dados junto às fontes de dados. É a etapa geralmente mais cara e crítica da pesquisa, pois é a que mais está sujeita à introdução de erros e atrasos, e por isso exige supervisão muito intensa e controle rígido para minimizá-los; e
  - *Processamento, análise e interpretação:* compreende a transformação dos dados brutos coletados em informações relevantes para solucionar ou ajudar na solução do problema que deu origem à pesquisa. Esta etapa inclui: verificação do preenchimento dos instrumentos, codificação e digitação das respostas, processamento (geralmente eletrônico) dos dados, realizações de cálculos, testes estatísticos e análises e interpretações. Nesta etapa há uso intenso de estatística e de computadores.
- **Comunicação dos resultados:** compreende a apresentação escrita e verbal das principais descobertas da pesquisa relacionadas ao problema que lhe deu



origem, bem como de sugestões e recomendações de ações pertinentes a sua solução. Deve descrever a abordagem, a concepção da pesquisa, a coleta de dados e os procedimentos de análise de dados adotados e apresentar os resultados e as principais constatações de forma que possam ser usadas no processo de tomada de decisões.

### 3.3 Classes Consideradas

Como exposto anteriormente, a metodologia proposta foi desenvolvida para as classes **industrial**, **comercial** e **residencial**, desconsiderando-se as classes rural, poder público, iluminação pública e consumo próprio. Estas foram consideradas pois são responsáveis por aproximadamente 85 % do consumo total de energia no país (EPE, 2007).

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2007), durante o período de abril de 2006 a maio de 2007 foi registrado um consumo de energia elétrica no Brasil de 357,49 TWh. Desse montante, a classe industrial somou 159,87 TWh. A classe residencial consumiu 88,23 TWh e a classe comercial 56,87 TWh. A Figura 4 mostra a proporção do consumo por classes econômicas.

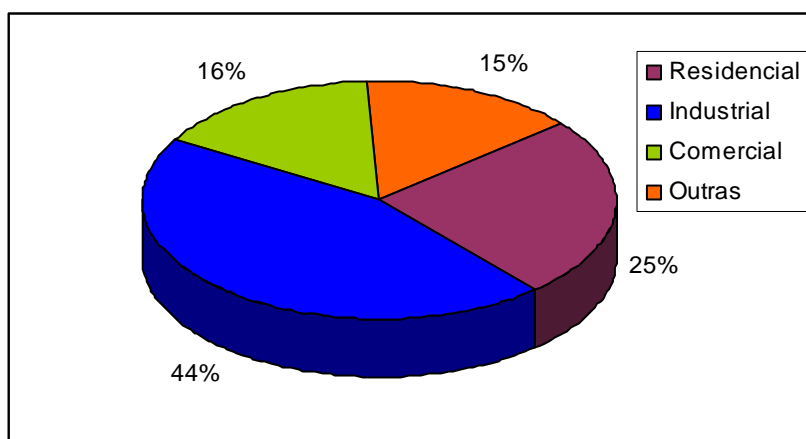


Figura 4 – Consumo de energia no Brasil

As definições de classes e subclasses de consumo estão contidas na Resolução ANEEL nº 456, de 2000. As classes consideradas na metodologia são definidas na Resolução, de acordo com o que segue abaixo:

*“**Industrial:** unidade consumidora em que seja desenvolvida atividade industrial, inclusive o transporte de matéria-prima, insumo ou produto resultante do seu*

*processamento, caracterizado como atividade de suporte e sem fim econômico próprio, desde que realizado de forma integrada fisicamente à unidade consumidora industrial, devendo ser feita distinção entre as seguintes atividades, conforme definido no Cadastro Nacional de Atividades Econômicas – CNAE<sup>1</sup>:*

- 1 - extração de carvão mineral;*
- 2 - extração de petróleo e serviços correlatos;*
- 3 - extração de minerais metálicos;*
- 4 - extração de minerais não metálicos;*
- 5 - fabricação de produtos alimentícios e bebidas;*
- 6 - fabricação de produtos do fumo;*
- 7 - fabricação de produtos têxteis;*
- 8 - confecção de artigos do vestuário e acessórios;*
- 9 - preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados;*
- 10 - fabricação de produtos de madeira;*
- 11 - fabricação de celulose, papel e produtos de papel;*
- 12 - edição, impressão e reprodução de gravações;*
- 13 - fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool;*
- 14 - fabricação de produtos químicos;*
- 15 - fabricação de artigos de borracha e plástico;*
- 16 - fabricação de produtos de minerais não-metálicos;*
- 17 - metalurgia básica;*
- 18 - fabricação de produtos de metal – exclusive máquinas e equipamentos;*
- 19 - fabricação de máquinas e equipamentos;*
- 20 - fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática;*
- 21 - fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos;*
- 22 - fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações;*

---

<sup>1</sup> A Classificação Nacional de Atividades Econômicas - CNAE é a classificação amplamente utilizada na produção e disseminação de informações por tipo de atividade econômica nas áreas das estatísticas econômicas e socioeconômicas, na organização de cadastros no Sistema Estatístico Nacional e na Administração Pública, sendo o IBGE o órgão responsável por sua manutenção e gestão. Em sua versão original, é uma classificação derivada da International Standard Industrial Classification - ISIC/CIIU, desenvolvida pela Divisão de Estatísticas das Nações Unidas como instrumento de harmonização na produção e disseminação de estatísticas econômicas no nível internacional.

23 - fabricação de instrumentos médico-hospitalares, de precisão, ópticos e para automação industrial;

24 - fabricação e montagem de veículos automotores , reboques e carrocerias;

25 - fabricação de outros equipamentos de transporte;

26 - fabricação de móveis e indústrias diversas;

27 - reciclagem de sucatas metálicas e não metálicas;

28 - construção civil;

29 - outras indústrias.”

“**Comercial:** unidade consumidora em que seja exercida atividade comercial ou de prestação de serviços ou outra atividade não prevista nas demais classes, inclusive o fornecimento destinado às instalações de uso comum de prédio ou conjunto de edificações com predominância de unidades consumidoras não residenciais, devendo ser consideradas as seguintes subclasses:

a) Comercial;

b) Serviços de Transporte, exclusive tração elétrica;

c) Serviços de Comunicações e Telecomunicações; e

d) Outros Serviços e outras atividades.”

“**Residencial:** unidade consumidora com fim residencial, ressalvado as unidades consumidoras pertencentes a subclasse agropecuária, nos termos da Resolução ANEEL nº 456.”

### 3.4 Questionário Desenvolvido

O desenvolvimento do questionário consiste de uma das etapas mais importantes e fundamentais da pesquisa. Seu principal objetivo é atuar como instrumento de coleta de informações a respeito do prejuízo ocasionado pela atividade interrompida ou prejudicada em função da natureza e momento de ocorrência do distúrbio, considerando para isso, a dependência dos processos do consumidor em relação à energia elétrica utilizada. Questionários específicos para os consumidores residenciais, comerciais e industriais foram desenvolvidos baseados em questionários utilizados em projetos e trabalhos realizados por pesquisadores brasileiros (Magalhães *et al.*, 2000; Hideki *et al.*, 2003; Melo e Cavalcanti, 2003; Santos, 1988; Coelho *et al.*, 2006). Este desenvolvimento foi realizado

a partir de uma análise criteriosa acerca dos fatores que influem nos custos. Dentro destes fatores, com relação às interrupções; sua duração, frequência, momento de ocorrência, e a existência ou não de aviso prévio é o que determina a natureza do prejuízo e conseqüentemente, o impacto causado aos consumidores.

No caso dos setores industriais e comerciais, o custo do impacto causado depende dos processos e equipamentos interrompidos, da forma como os consumidores utilizam a energia e para tanto, é necessário obter informações sobre as características de operação das empresas pesquisadas.

A ocorrência do distúrbio seja no período do dia, dia da semana ou mês do ano, acarreta em grande variação nos custos e depende do nível de produção da empresa. Caso os distúrbios ocorram em períodos de utilização bastante intensa dos meios de produção e geração de serviços, tendem a ocasionar custos mais elevados ao consumidor.

Consumidores residenciais, comerciais e industriais são afetados de maneira distinta em função dos problemas de qualidade de energia. Dentro destas classes, consumidores de um mesmo ramo de atuação tendem a ter custos semelhantes pelo fato de possuírem características em comum. Sendo assim, o tipo de atividade econômica desempenhada é um fator que influi diretamente nos custos e deve ser levantado de modo a possibilitar o estabelecimento de comparações e correlações entre consumidores com características semelhantes em relação ao impacto percebido pelos distúrbios no fornecimento.

Outros fatores abordados podem influenciar os custos sofridos pelos consumidores, como por exemplo, a utilização de geração de emergência e outros equipamentos para assegurar a qualidade de fornecimento. Variáveis como consumo, demanda de energia e nível de tensão de atendimento são fatores diretamente proporcionais à dependência do consumidor em relação à energia e, portanto, devem ser também requisitadas nos questionários.

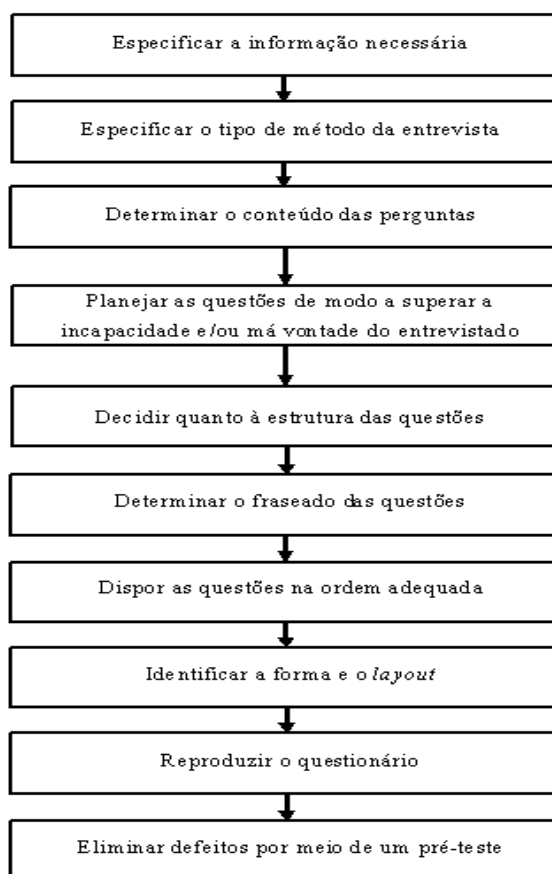
Os questionários são compostos de uma série de cenários hipotéticos considerando interrupções de vários intervalos de duração, onde os responsáveis por responder as perguntas devem estimar os custos econômicos incorridos em função das interrupções ocorridas nos diferentes cenários.

Como explicitado anteriormente, esta abordagem caracteriza-se como um método direto para o cálculo dos custos e tem sido largamente utilizada pelas concessionárias para desenvolver estimativas sobre os custos dos distúrbios associados à qualidade de energia.

O questionário também procura obter informações sobre a frequência e duração das interrupções sofridas pelo consumidor, a frequência e o custo dos fenômenos relacionados à qualidade de energia além de outras informações referentes aos negócios da empresa e atividades desempenhadas pelos consumidores residenciais.

Contudo, é preciso focar o questionário em assuntos relevantes, de forma a obter as informações consideradas necessárias, sempre buscando um equilíbrio entre o nível de detalhamento e a quantidade de questões abordadas, de modo que o consumidor esteja disposto e seja capaz de fornecer as informações solicitadas. Por isso, as questões devem ser claras e de fácil compreensão, para que mais entrevistados as respondam, e com maior grau de exatidão (Brancher *et al.*, 2007).

De modo geral, o planejamento de um questionário (Malhotra, 2001) envolve uma série de etapas sequenciais e interligadas entre si, conforme pode ser observado na Figura 5.



**Figura 5 – Processo de Elaboração de um Questionário**

Os questionários produzidos, para os consumidores industriais, comerciais e residenciais encontram-se no Anexo A.

### 3.4.1 Cenários Considerados

Os cenários considerados para consumidores comerciais e industriais foram propostos de maneira a considerar o impacto causado por interrupções momentâneas (0,5 ciclos a 3 segundos), temporárias (3 segundos a 1 minuto) e sustentadas (maior que 1 minuto), de acordo com a norma IEEE Std 1346-1998. São considerados seis cenários específicos em relação à duração da interrupção:

- 1 segundo;
- 1 minuto;
- 20 minutos;
- 1 hora;
- 4 horas;
- 8 horas.

No caso dos consumidores residenciais, foram apenas consideradas interrupções sustentadas, de duração acima de 1 hora, pois considera-se que interrupções de pequena duração não afetam significativamente as atividades domésticas. Outra razão em considerar apenas perturbações de longa duração provém do fato de que o consumidor residencial não está apto a avaliar, de forma satisfatória, os prejuízos ocasionados por interrupções de curta duração.

Os cenários considerados são os seguintes:

- 1 hora;
- 2 horas;
- 4 horas;
- 8 horas;
- 16 horas;
- 24 horas.

Na obtenção das estimativas de custos considera-se que uma interrupção com determinado tempo de duração, observados os valores acima, ocorra em um dia normal de produção, no **horário em que os distúrbios sejam máximos**.

Para cada cenário, diversas medidas de custos de interrupção foram verificadas. A definição destes custos é apresentada a seguir. Contudo, além destes custos são verificados outros fatores que podem fornecer subsídios para uma melhor interpretação do impacto causado pelas diversas interrupções consideradas, como por exemplo, no caso dos

consumidores industriais e comerciais, o tipo de carga perdida em função da duração do distúrbio, o tempo de reinício de atividades, etc.

A informação sobre o tipo de carga perdida (computador, motor, iluminação, refrigeração e outras), assim como o tempo de reinício de atividades pode facilitar o entendimento sobre a sensibilidade e dependência dos equipamentos destes consumidores em relação à qualidade do fornecimento e desse modo, auxiliar a comparação entre os diversos segmentos de atividades consideradas na pesquisa.

### 3.4.2 Definição dos Custos Considerados

A abordagem dos prejuízos causados pelos distúrbios pode ser facilitada à medida que os custos são corretamente definidos. Esta definição deve ser clara e objetiva, de modo a evitar ambigüidades e auxiliar o consumidor na determinação dos impactos ocasionados pelas interrupções.

Os custos considerados para proposição desta metodologia têm como base os trabalhos realizados por Magalhães *et al.* (2000), Hideki *et al.* (2003), Melo e Cavalcanti (2003) e Santos (1988). Os custos considerados e suas definições, para os consumidores industriais, são apresentadas abaixo:

**Custo de proteção e solução dos distúrbios (CPSD):** corresponde ao custo incorrido pela empresa para se proteger e corrigir os distúrbios através de equipamentos de emergência, como geradores, baterias, *no-break* e outros equipamentos de proteção. O custo total referente à solução dos distúrbios é a soma entre o custo fixo mensal associado ao custo de capital e custo de manutenção dos equipamentos utilizados e um custo variável em função do combustível necessário para operar os geradores de emergência.

**Custo de reparos (CR):** são os gastos com reparos ou compra de novas peças e equipamentos (incluindo mão de obra e custo de instalação) danificados pela perda na qualidade de energia. As principais causas destes danos são as interrupções, o retorno do suprimento com tensão fora da faixa adequada e variações de tensão no fornecimento.

**Custo de outros fatores ou custos extras (COF):** é o custo associado a outros fatores não previstos anteriormente, que podem ser indicados e estimados com base na experiência prática vivenciada pelo cliente.

**Custos de vendas não realizadas (CVNR):** associado à perda de vendas que não foram feitas devido ao distúrbio no fornecimento de energia elétrica. Este custo pode ser expresso pela receita não realizada no período sem energia e pode ser medido pela margem de lucro multiplicada pela quantidade não produzida em decorrência do distúrbio menos a produção que pode ser realizada através de horas extras ou utilização mais intensiva da capacidade de produção.

**Custo de perdas de informação (CPI):** custo associado a perdas de informações armazenadas eletronicamente (dados, arquivos, configuração de CLPs, etc.), decorrentes do distúrbio ocorrido no estabelecimento, que motivam a reposição de dados e reprocessamento computacional. Esse custo é estimado pelo cálculo da reposição da informação. Possui custo nulo quando o tempo de interrupção for inferior ao tempo de cobertura dos equipamentos de proteção ou quando o distúrbio não interferir nos processos da empresa, devido à atuação destes mesmos equipamentos. Permanece constante, ou seja, atinge a saturação para perturbações que ultrapassem o tempo de cobertura da proteção.

**Custo da produção perdida (CPP):** refere-se ao valor da perda relacionada aos produtos e serviços que não podem ser produzidos durante o período de ocorrência da falha e o tempo de reinício das atividades. É a perda de produção (avaliada em termos de seu valor adicionado e não do seu valor total) considerada irrecuperável, seja por horas extras ou retorno dos produtos em elaboração ao processo de produção. Esta perda se refere aos produtos/serviços que estão sendo processados, mas não puderam ter seu processo finalizado devido ao distúrbio no sistema.

**Custos de produtos em elaboração estragados ou danificados (CPE):** custo associado à perda de material que se deteriora ou danifica durante o processo de manufatura.

**Custo de horas extras para compensar períodos interrompidos (CHE):** custo adicional ocorrido pela organização, para prolongar seu período normal de expediente, pagando horas extras a seus empregados devido à ocorrência de falhas no fornecimento e atrasos na entrega da produção ao cliente. Inclui custos administrativos e outros custos adicionais para operar a empresa e os equipamentos fora do horário normal de produção.



**Custos de matéria prima ou produtos primários estocados deteriorados ou estragados (CMP):** custo referente à perda de produtos primários ou matéria prima estocadas, que se deterioram ou perdem valor devido ao distúrbio no fornecimento de energia.

**Custos de produtos acabados estragados ou danificados (CPA):** custo associado à perda de produtos acabados (saídos do processo de fabricação ou em estoque) aguardando venda. Poderão também ser incluídas, quando possível, as perdas atribuídas à deterioração ou alteração da qualidade que implique na perda de valor do produto final.

**Custo de retomada ou reinício da produção (CRP):** custo devido ao tempo necessário para restabelecer a produção ao nível normal de trabalho após a ocorrência de uma perturbação inesperada no fornecimento de eletricidade. Este tempo é dispendido com reprogramação da produção, preparo e inspeções de equipamentos, manutenção, limpeza de resíduos, remoção de materiais, reposição de ferramentas, reaferição dos equipamentos computadorizados, estabelecimentos dos novos padrões e outros. Este custo está associado à produção não realizada e é admitido como proporcional à produção perdida (associada aos produtos que estavam em elaboração).

Os custos descritos acima, com exceção do custo de retomada ou reinício da produção, serão os mesmos considerados para a classe de consumo comercial. Para os consumidores residenciais, serão considerados os seguintes custos:

**Custo de proteção (CP):** corresponde ao custo incorrido pelo consumidor residencial para se proteger dos distúrbios no fornecimento de energia através de investimentos em equipamentos de emergência, como geradores, baterias, *no-break*, ou mesmo através da compra de lanternas e velas, por exemplo.

**Custo de reparos (CR):** são os gastos com reparos ou compra de novos equipamentos danificados pela perda na qualidade de energia. As principais causas destes danos são as interrupções e o retorno do suprimento com tensão fora da faixa adequada.

**Custos de produtos estocados estragados ou danificados (CPE):** custo associado à perda de produtos estocados em meio frio.

Custos Considerados na Pesquisa			
Custo de reparos	Custo da produção perdida	Custo de proteção e solução dos distúrbios	
Custos de produtos acabados estragados ou danificados	Custos de matéria prima ou produtos primários estocados deteriorados ou estragados	Custos de produtos em elaboração estragados ou danificados	
Custo de horas extras	Custo de perdas de informação	Custos de vendas não realizadas	
Custo de outros fatores ou custos extras	Custo de retomada ou reinício da produção	Custo de proteção	
Custo de reparos	Custos de produtos estocados estragados ou danificados		Industrial e Comercial
			Industrial
			Residencial

Figura 6 – Custos considerados na pesquisa para os setores industrial, comercial e residencial

### 3.4.3 Critérios de Definição da Amostra

Vários fatores qualitativos devem também ser levados em conta na determinação do tamanho da amostra. Incluem-se a importância da decisão, a natureza da pesquisa, o número de variáveis, a natureza da análise, os tamanhos das amostras usadas em estudos semelhantes, taxas de incidência, taxas de preenchimento e restrições de recursos. O tamanho da amostra determinado estatisticamente é o tamanho final, ou líquido da amostra e representa o número completo de entrevistas. Todavia, para obter este tamanho final de amostra, é preciso contatar inicialmente um número maior de entrevistas em potencial. Após a eliminação de entrevistados potenciais que não se qualificam ou não completam a entrevista tem-se a amostra líquida (Malhotra, 2001).

Deve-se também procurar reduzir as taxas de recusa, o que se pode conseguir mediante notificação antecipada, motivação dos respondentes, incentivos (uso de brindes ou sorteios), bom planejamento e administração do questionário. Através da notificação antecipada os respondentes em potencial recebem um aviso, por telefone ou correio eletrônico, sobre a iminente pesquisa. Isto aumenta as taxas de resposta antecipada, pois reduz a surpresa e a incerteza e cria uma atmosfera de maior cooperação. Os respondentes em potencial podem ser motivados a participar da pesquisa aumentando-se seu interesse e

envolvimento. As taxas de resposta podem ser aumentadas oferecendo-se aos respondentes em potencial compensação tanto monetária quanto não-monetária, enfatizando-se o caráter social e não lucrativo da pesquisa e também o sigilo das informações prestadas. Um questionário bem planejado pode reduzir não só a taxa global de recusa como as recusas a questões específicas. O acompanhamento, ou o contato periódico com o entrevistado pode ser eficiente para diminuir as recusas em pesquisas por correio eletrônico.

A definição dos critérios da amostra tem como princípio fundamental a obtenção de informações próximas da realidade, as quais possam ser utilizadas como ferramentas no processo de decisão em relação ao planejamento do sistema elétrico.

Os critérios de definição da amostra, na sequência de aplicação, são os seguintes:

- 1) Definir área geográfica de realização da pesquisa;
- 2) Verificar o total de consumidores industriais, comerciais e residenciais pertencentes à área definida para realização da pesquisa e definir o tamanho e a distribuição da amostra a ser utilizada;
- 3) Identificar conjuntos com elevado produto DECxFEC;
- 4) Dentro destes conjuntos com elevado produto DECxFEC, escolher consumidores de cada classe e subclasse a ser pesquisada cujas atividades econômicas e características sejam proporcionais as atividades do conjunto onde está sendo realizada a pesquisa.

A área geográfica onde a pesquisa será realizada pode ser definida com base na área de atuação de determinada concessionária ou no interesse da instituição coordenadora da pesquisa.

Uma vez definida a área da pesquisa, deve-se especificar a população alvo, composta do total de consumidores industriais, comerciais e residenciais. A partir disso, define-se o tamanho da amostra de forma a considerar eventuais recusas e questionários incompletos e, em seguida, identificam-se os conjuntos com maior produto DECxFEC, os quais serão considerados prioritários para realização das entrevistas junto aos consumidores.

A escolha de regiões com elevado produto DECxFEC é justificada pelo fato de que desta maneira, consideram-se regiões vulneráveis do sistema elétrico e assim, regiões prioritárias podem ser melhor analisadas. Além disso, quanto maior a experiência dos entrevistados com interrupções no fornecimento de energia, provavelmente mais fácil será para estes, identificarem os danos causados por essas interrupções, facilitando assim, o

fornecimento de informações mais completas e com maior qualidade (Brancher *et al.*, 2007).

Como mencionado anteriormente, os custos estão diretamente relacionados à forma como o consumidor utiliza a energia. Consumidores comerciais e industriais de um mesmo setor de atividades, assim como residenciais de uma mesma faixa de renda, tendem a apresentar certa semelhança em relação às suas necessidades de uso final da energia, e dessa forma apresentar padrões semelhantes com relação aos custos ocasionados pelos distúrbios.

Conseqüentemente, para estimar os custos dos distúrbios é necessário pesquisar uma amostra de consumidores estatisticamente representativa em relação à área da pesquisa ou à área para a qual pretende-se extrapolar os resultados. Para isso, dentro de cada setor de atividade é preciso escolher uma amostra que possa representar a realidade de maneira correta. O dimensionamento e seleção da amostra correta tem o objetivo de assegurar a inclusão de uma parcela representativa em todas as categorias econômicas e áreas geográficas consideradas.

Diante disso, a escolha de consumidores considerando suas atividades econômicas deve ser realizada, prioritariamente, dentro destas áreas com elevado produto DECxFEC. Cada atividade econômica a ser pesquisada, conforme citado anteriormente, deve ser escolhida utilizando as definições da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) e o número de consumidores pesquisados, dentro destas atividades deve ser proporcional à quantidade existente na área de realização da pesquisa.

Portanto, esta metodologia propõe a definição de critérios da amostra levando em consideração, principalmente o ramo de atividade dos consumidores inseridos nas regiões onde os problemas de duração e frequência de interrupções tendem a ser maiores. Tudo isso, para tornar possível o estabelecimento de padrões de custos entre os diversos setores de atividades econômicas e assim, alcançar resultados satisfatórios com aplicações no planejamento e análises de custo-benefício.

#### **3.4.4 Consumidores Industriais**

Os questionários desenvolvidos para os consumidores industriais são divididos em duas partes principais. A primeira parte refere-se aos dados gerais e a segunda aos dados de produção, os quais são mais específicos e fundamentais para obtenção dos custos.

Os dados gerais são necessários para classificação da indústria e correspondem às informações sobre sua identificação, localização, atividade econômica desenvolvida (ramo de atuação), dados relativos ao fornecimento de energia, além de dados sobre o entrevistado.

A estrutura da parte inicial do questionário é a seguinte:

### **I - Dados Gerais**

#### **1) Localização e identificação da indústria:**

- a) Nome;*
- b) Endereço;*
- c) Telefone para contato.*

#### **2) Ramo de atuação;**

#### **3) Dados relativos ao fornecimento de energia:**

- a) Tensão nominal de fornecimento (kV);*
- b) Consumo anual de energia elétrica (MWh);*
- c) Demanda contratada (kW);*
- d) Demanda máxima de potência no último ano (kW);*
- e) Valor anual da fatura de energia (R\$).*

#### **4) Dados sobre o entrevistado:**

- a) Nome;*
- b) Cargo;*
- c) Área ou setor de atuação;*
- d) Tempo de trabalho;*
- e) Escolaridade.*

Os dados sobre a **localização e identificação da indústria** são necessários para permitir a classificação da empresa e determinar sua localização para fins de estabelecimento da amostra e o contato telefônico pode ser utilizado para dirimir possíveis dúvidas quanto às informações prestadas, quando necessário.

O **ramo de atuação** diz respeito ao tipo de atividade econômica (subclasse) desenvolvida pela indústria. Esta classificação é realizada de forma padronizada de acordo com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) e deve ser levantada a

fim de classificar a indústria em grupos com características semelhantes, com o objetivo principal de estabelecer comparações entre custos de consumidores que realizem a mesma atividade produtiva.

Com relação aos **dados relativos ao fornecimento de energia**, estes são de fundamental importância para o conhecimento dos requisitos de demanda e consumo de energia do consumidor, bem como o nível de tensão de atendimento e o valor total dos gastos com energia. Estas variáveis podem ser posteriormente utilizadas para estratificação das subclasses de consumidores e, em especial, os valores de consumo e demanda podem ser usados para normalizar os custos obtidos na pesquisa, em R\$/kW ou R\$/kWh e gerar Funções de Dano ao Consumidor (CDF), as quais serão apresentadas no decorrer do trabalho. Já o valor dos gastos com energia são necessários para estabelecer uma comparação com outros custos e com os custos totais da indústria e também na análise da dependência da produção em relação à energia.

Os **dados sobre o entrevistado** são importantes para que se possa avaliar a credibilidade e qualidade das respostas prestadas, através do conhecimento, experiência e grau de instrução do profissional entrevistado.

Vale ressaltar que apenas os dados sobre o entrevistado e o número de telefone para contatos futuros necessitam ser pesquisados junto ao consumidor, pois as demais informações relativas aos Dados Gerais estão disponíveis no cadastro da própria concessionária de distribuição, conforme estabelece a Resolução ANEEL nº 456, de 2000. Desse modo, pode-se facilitar o trabalho de campo, diminuindo o tempo necessário para realizar a entrevista.

A segunda parte do questionário diz respeito aos dados de produção, os quais serão efetivamente utilizados na determinação qualitativa e quantitativa do impacto causado pelos distúrbios no fornecimento de energia.

A estrutura desta segunda parte do questionário é a seguinte:

## **II - Dados de Produção**

- 1) Custos totais de produção anual.**
- 2) Receita anual líquida.**
- 3) Número de horas trabalhadas por período.**

**4) Número total de funcionários:**

- a) Trabalhadores em tempo integral;*
- b) Trabalhadores em tempo parcial.*

**5) Possibilidade de recuperação de parte da produção perdida através de horas extras.****6) Valor médio do custo da mão de obra horária durante horas extras e durante as horas normais de trabalho.****7) Tempo máximo admissível de uma interrupção que não cause qualquer prejuízo à indústria.****8) Finalidade de uso da energia elétrica e intensidade de consumo.****9) Percepção do consumidor a respeito da qualidade do fornecimento de energia elétrica.****10) Método de disposição a pagar:**

- a) Possibilidade de ganhos de eficiência através da melhoria na qualidade de energia elétrica;*
- b) Disposição a pagar pelo incremento da qualidade de energia elétrica.*

**11) Percepção do consumidor sobre a causa dos distúrbios.****12) Equipamentos de emergência:****12.1) Geradores de emergência:**

- a) Existência de geradores de emergência;*
- b) Finalidade de utilização;*
- c) Custo fixo mensal;*
- d) Custo variável de operação;*
- e) Tempo de utilização durante o ano.*

**12.2) Outros equipamentos de emergência:**

- a) Existência de algum outro tipo de equipamento de emergência ou de proteção contra falta súbita de energia ou oscilações de tensão;*
- b) Finalidade de utilização;*
- c) Autonomia de funcionamento;*
- d) Custo fixo mensal.*

**13) Frequência e duração das interrupções sofridas.**

**14) Existência de equipamento de medição de qualidade de energia.**

**15) Sazonalidade dos custos:**

- a) Período do dia;*
- b) Dia da semana;*
- c) Mês do ano.*

**16) Tipo e intensidade do prejuízo.**

**17) Análise quantitativa:**

- a) Custo da produção perdida;*
- b) Custo da retomada ou reinício da produção;*
- c) Tempo de reinício das atividades;*
- d) Custo de horas extras;*
- e) Custo de perdas de informação;*
- f) Custo de matéria prima ou produtos primários estocados;*
- g) Custo de produtos em elaboração;*
- h) Custo de produtos acabados;*
- i) Custo de reparos;*
- j) Custo de vendas não realizadas;*
- k) Custo de outros fatores ou custos extras.*

**18) Natureza do prejuízo fora do horário normal de funcionamento.**

**19) Impacto ocasionado pela interrupção programada.**

**20) Preferência do consumidor em relação à duração ou frequência da interrupção.**

**21) Custos de outros distúrbios:**

- a) Número de distúrbios sofridos durante um ano;*
- b) Fenômenos percebidos;*
- c) Efeito nos processos e atividades da indústria;*
- d) Prejuízo anual.*



Cada pergunta formulada para compor o questionário foi desenvolvida com o propósito de extrair determinada informação por meio da qual pode ser realizada a análise dos custos e características dos consumidores pesquisados.

Nesse sentido, a informação requerida por cada questionamento proposto será aqui apresentada com o intuito de justificar de maneira detalhada, a intenção e o objetivo de cada questão desenvolvida.

A segunda etapa do questionário tem início com a solicitação dos **custos totais de produção anual** da indústria, que podem ser utilizados para calcular a participação da energia elétrica nos custos totais de produção. Este cálculo pode ser realizado através da relação entre o valor anual dos gastos com energia elétrica (valor anual da fatura de energia obtido anteriormente) e o custo total de produção. A análise desta variável traz uma excelente informação a respeito da dependência do consumidor em relação ao insumo energia elétrica.

A **receita anual líquida** da empresa pode ser utilizada com o propósito de estratificar o conjunto de consumidores e também estabelecer possíveis correlações entre estes valores e o custo dos distúrbios. Contudo, tal informação pode ser obtida através da verificação das demonstrações contábeis da indústria (quando existir) e por isso poderá, a cargo do planejador, ser completada sem a necessidade de perguntar na entrevista, simplificando e reduzindo o tempo da mesma.

O conhecimento do **número de horas trabalhadas por período** permite traçar o perfil do horário de trabalho da indústria. Com isso, é possível saber quantos turnos de trabalho são realizados, horas trabalhadas fora do período comercial, se a indústria teria folga para trabalho em horas extras de produção, caso necessário, e o número total de horas trabalhadas por ano.

O **número total de funcionários** pode ser utilizado para determinação do porte da indústria (EPRI, 2001), e associado a informações sobre horas trabalhadas e salário médio por hora de trabalho pode-se obter os gastos totais com mão de obra na empresa.

A pergunta sobre a **possibilidade de recuperação de parte da produção perdida através de horas extras** tem a função de verificar se o consumidor é capaz de trabalhar em outros turnos de produção ou convocar outros funcionários para trabalhar nos turnos existentes, o que geralmente é feito caso a indústria opere ininterruptamente (informação obtida anteriormente). Contudo, sabe-se que a recuperação através de horas extras nem sempre é viável e portanto, esta é uma decisão da empresa, a qual deve ponderar entre o

custo da perda sofrida e os custos para operar a planta em horários adicionais. A determinação do custo das perdas sofridas consiste no objetivo final desta pesquisa e sua obtenção irá propiciar um melhor embasamento para a tomada desta decisão.

O **valor médio do custo da mão de obra horária durante horas extras e durante as horas normais de trabalho** deve ser obtido para os funcionários que trabalham em tempo integral. Para os funcionários que trabalham em tempo parcial ou meio período deve-se obter o custo da mão de obra de maneira proporcional às horas trabalhadas em relação ao valor da mão de obra dos trabalhadores integrais. Porém, desta maneira os custos de mão de obra tendem a ficar superestimados, pois os trabalhadores de turno integral tem um salário proporcionalmente mais elevado em relação a seus colegas que trabalham períodos menores. No entanto, repetir o mesmo questionamento para estes funcionários implicaria em uma entrevista mais longa e o benefício trazido por esta informação não compensaria tal esforço.

O **tempo máximo admissível de uma interrupção que não cause qualquer prejuízo à indústria** refere-se ao momento a partir do qual a interrupção no fornecimento de energia representa custos diretos para a indústria. Este dado traz informação sobre o grau de permissividade do consumidor em relação à duração do distúrbio e com isso é possível estabelecer uma análise a respeito da tolerância dos consumidores (individualmente ou em grupos) em relação à duração das interrupções.

A **finalidade de uso da energia elétrica e a intensidade de consumo** em uma empresa são fatores de extrema importância para melhor avaliar a dependência do consumidor em relação à energia elétrica e para se conhecer quais equipamentos são utilizados na indústria. Desta maneira é possível saber qual o tipo de carga do consumidor, quais equipamentos são os maiores consumidores de energia, determinar sua sensibilidade e com isso prever os problemas de qualidade de energia que podem vir a prejudicar a indústria. Nesse sentido, pode-se ao menos estimar qualitativamente quais os impactos sofridos pelo consumidor e o tipo de carga perdida (computador, motor, iluminação, refrigeradores e outros) em função de uma falha no suprimento de energia. Estas informações podem também ser utilizadas a fim de estratificação dos consumidores quanto aos equipamentos utilizados (EPRI, 2001) e a posterior comparação dos custos entre estes consumidores com características semelhantes.

A medição da **percepção do consumidor a respeito da qualidade do fornecimento de energia elétrica** pode ser feita de forma qualitativa, arguindo o

entrevistado para que defina a qualidade do fornecimento através de cinco níveis de satisfação, considerando a duração média, o número de interrupções sofridas e o atendimento prestado pela concessionária de distribuição. O resultado destas informações é importante não apenas para obter dados individuais sobre cada consumidor, mas também, para conhecer a expectativa, o grau de satisfação e opinião do mercado com relação aos serviços prestados.

A pergunta sobre a possibilidade de melhorias na produtividade ou outros benefícios para a empresa, caso a qualidade de energia fornecida melhore permite introduzir os questionamentos relacionados ao **método de disposição a pagar**.

Conforme disposto em Wacker e Billinton (1989) é desejável que se empregue mais de um método para avaliar o valor dos distúrbios e, portanto, as questões referentes à disposição a pagar têm o propósito de contribuir para fornecer uma credibilidade maior aos resultados encontrados.

Caso a avaliação do consumidor acerca da qualidade do fornecimento prestado tenha sido satisfatória, pode-se inferir que o mesmo não almeja melhorias no sistema e, portanto, a qualidade da energia fornecida está de acordo com suas necessidades. Nesse sentido, o mesmo não estaria disposto a pagar mais por isso. Em contrapartida, o fato de alguns consumidores avaliarem o fornecimento de energia de forma insatisfatória implica que os mesmos teriam benefícios se a concessionária desenvolvesse um projeto para fornecer uma energia de melhor qualidade, e talvez estivessem dispostos a arcar com este custo na forma de um aumento nas tarifas. No entanto, mesmo que o consumidor admita os ganhos de eficiência, muitas vezes não está disposto a pagar mais pela melhoria do serviço por motivos diversos, os quais a pesquisa pretende também levantar. Estes motivos podem incluir: o sentimento do cliente de que as obrigações de melhoria do sistema são atribuições exclusivas da distribuidora, a consideração de que a tarifa já é alta, a constatação de que os atuais índices de falhas não prejudicam o consumidor, dentre outros possíveis motivos. Estudos realizados (Wacker e Billinton, 1989) apontam que o principal motivo é o sentimento do cliente de que as obrigações de melhoria do sistema são atribuições exclusivas da distribuidora. Os consumidores têm uma percepção de que o suprimento é um direito social e então a sua disposição a pagar mais por isso, não está atrelada a um aumento da confiabilidade e sim a um sentimento de contrariedade ao aumento das tarifas. Outra possibilidade é o fato de que o consumidor não possui conhecimentos adequados sobre a composição da tarifa e sobre o percentual do aumento da

mesma que seria necessário para cobrir seus prejuízos pela falta de qualidade de energia e também não tem conhecimentos sobre as dificuldades em se manter e operar um sistema elétrico.

Antes de ser realizada a pergunta sobre disposição a pagar propriamente dita, o consumidor é questionado sobre a possibilidade de obtenção de melhorias na produtividade ou outros benefícios e quais seriam estes benefícios, em termos qualitativos, caso a qualidade do suprimento melhore.

Quando o entrevistado demonstra a possibilidade de obtenção de benefícios advindos da melhoria na qualidade da energia fornecida são realizados os questionamentos sobre sua disposição a pagar para usufruir de tais benefícios.

O consumidor é então solicitado a revelar diante de alguns cenários de interrupção (1 segundo, 1 minuto e 1 hora), o percentual a mais na tarifa que estaria disposto a pagar para a melhoria do sistema.

Este valor a mais (calculado anualmente) deve ser comparado com o custo anual obtido para as interrupções com as respectivas durações, conforme consta no questionário.

Na seqüência é avaliada a **percepção do consumidor sobre a causa dos distúrbios** que afetam suas instalações. Os distúrbios relacionados à qualidade de energia elétrica são atribuídos a diversas causas. Dentre elas podemos citar:

- Consumidores adjacentes;
- Concessionária;
- Causas naturais;
- Problemas gerados internamente.

A concessionária possui dados e estatísticas que procuram registrar e identificar o ponto de origem e a responsabilidade por estas perturbações. No entanto, os consumidores têm uma percepção diferenciada e que na maioria da vezes não coincide com a percepção da distribuidora. Por isso, este questionamento tem o intuito de avaliar a visão dos consumidores e comparar com a percepção e as estatísticas da concessionária.

Quanto maiores os prejuízos que possam vir a ocorrer, maior é a disposição do consumidor a investir em equipamentos de emergência e proteção, com o intuito de mitigar estes problemas. Ao tomar a decisão de investir em equipamentos de emergência e proteção, o consumidor deve analisar a relação custo/benefício, comparando os custos de aquisição, operação e manutenção destes equipamentos com os prejuízos sofridos em função dos problemas de qualidade de energia.

As perguntas relacionadas aos **equipamentos de proteção e emergência** abordam a existência de tais equipamentos e têm a finalidade de levantar o **CPSD**, que são os custos incorridos pela indústria para precaver-se dos distúrbios e minimizar os impactos ocasionados por eles. Estas perguntas são também importantes para estabelecer comparações entre indústrias que possuem equipamentos de emergência e as que não possuem (EPRI, 2001).

Além de obter a informação sobre a existência de geradores de emergência é preciso determinar a finalidade de sua utilização. Os geradores podem ser utilizados para manutenção total ou parcial da produção, minimização de riscos e danos aos trabalhadores e instalações, redução de prejuízos provocados em perdas de estoque (matéria prima, produtos acabados e outros) e para questões relacionadas à segurança, como por exemplo, iluminação de emergência, alarmes, etc. Caso seja possível manter a totalidade da produção através de geração própria, os custos referentes à duração da interrupção podem ser obtidos em função dos custos de operação e manutenção dos equipamentos de emergência, ou seja, o custo de interrupção será apenas o custo de manter os geradores em funcionamento. Nos outros casos citados anteriormente, os custos de operação e manutenção dos geradores são adicionados aos custos dos demais prejuízos sofridos para determinar o custo total ocasionado pelos distúrbios.

Uma informação de grande relevância acerca destes equipamentos diz respeito ao custo variável de operação, ou seja, o custo de combustível por tempo de utilização (R\$/h). O conhecimento deste custo permite calcular os gastos necessários para operar estes equipamentos em função da duração do distúrbio.

O tempo de utilização dos equipamentos durante o ano ou a informação da duração e frequência das interrupções sofridas (fornecidas pelo próprio consumidor), aliadas aos custos fixos e variáveis de operação, permitem calcular o valor total anual (R\$/ano) gasto para operar estes equipamentos:

$$CTA_{ger} = CVU_{ger} \cdot t_{ger} + CF_{ger} \quad (3.1)$$

Onde:

- $CTA_{ger}$ : Custo Total Anual para operar os geradores de emergência em R\$/ano;  
 $CVU_{ger}$ : Custo Variável Unitário de operação dos geradores em R\$/h;  
 $CF_{ger}$ : Custo Fixo de operação dos geradores em R\$/ano;  
 $t_{ger}$ : Tempo de utilização dos geradores durante o ano em h/ano.

Através da utilização das informações obtidas na pesquisa é possível realizar uma análise financeira para subsidiar o processo de tomada de decisão quanto aos investimentos em sistemas de geração de emergência (Teixeira e Takiguchi, 2005). Dentre os instrumentos para tomada de decisão mais conhecidos e utilizados (Britto, 2006; Filho e Kopittke, 2000) temos o *payback*, *payback* descontado, taxa contábil de retorno (*TCR*), valor presente líquido (*VPL*), taxa interna de retorno (*TIR*) e taxa interna de retorno modificada (*TIRM*).

Além dos geradores existem **outros equipamentos de emergência** ou de proteção utilizados para assegurar a continuidade dos processos na ocorrência de faltas súbitas de energia, oscilações de tensão ou outros distúrbios. Como exemplos podemos citar os *no-breaks*, baterias, reguladores de tensão, filtros/supressores, etc. (Aldabó, 2001; Kennedy, 2000). É preciso questionar o consumidor sobre a existência destes equipamentos, sua finalidade (iluminação de emergência, operação de máquinas, computadores, telefonia, sistema de proteção ou outros) e o tempo de autonomia para cobertura da falta. A partir destes dados é possível ter um melhor conhecimento sobre quais processos são fundamentais e relevantes para o tipo de indústria pesquisada. Isto pode fornecer um indicativo da sensibilidade da indústria em relação à energia elétrica, pois os processos mais sensíveis e cujo custo pode ser maior, serão os cobertos total ou parcialmente por estes equipamentos especiais. O consumidor é também solicitado a responder qual o custo fixo necessário para operar estes outros equipamentos de emergência ou de proteção ( $CF_{prot}$ ).

O Custo de Proteção e Solução dos Distúrbios (**CPSD**) por ano pode ser calculado através da soma do Custo Total Anual para operar os geradores ( $CTA_{ger}$ ) com os custos fixos anuais dos outros equipamentos de emergência ( $CF_{prot}$ ):

$$CPSD = CTA_{ger} + CF_{prot} \quad (3.2)$$

A **freqüência e duração das interrupções sofridas** pelos consumidores podem diferir dos dados da concessionária. Geralmente os valores de duração e freqüência percebidos são maiores que os dados da distribuidora. Isto ocorre pelo fato de que alguns distúrbios não são registrados pelos equipamentos de medição da concessionária. Em contrapartida, são sentidos pelo consumidor em função da sensibilidade de seus equipamentos, problemas nas instalações internas ou mesmo atuação indevida de equipamentos de proteção. Muitas vezes a distribuidora registra uma queda de tensão no

ponto de entrega do consumidor, com valores dentro dos níveis permitidos (Resolução ANEEL nº 505, de 2001), mas esta queda se propaga pela instalação provocando em certos equipamentos o que pode ser chamado de interrupção de uso final, ou seja, não foi necessário que a tensão chegasse a 10% de seu valor nominal para que ocorressem falhas no funcionamento de certos equipamentos, os quais necessitam de uma energia de melhor qualidade (níveis de tensão adequados) para operar.

Portanto, para que os valores de frequência e duração sejam mais próximos aos valores reais é importante obtê-los através dos consumidores, os quais, como mencionado no início do capítulo são os mais capacitados para fornecer dados em relação às suas instalações. Caso não haja registro desses valores, o entrevistado deverá informá-los com base em sua experiência e se mesmo assim persistir o desconhecimento destes dados, deverão ser considerados para fins de utilização na pesquisa (obtenção dos custos finais) aqueles obtidos por meio do banco de dados da concessionária.

A verificação da **existência de equipamento de medição de qualidade de energia** (indicador de descontinuidade ou flutuação de energia) é importante para aumentar a confiabilidade e credibilidade dos dados de frequência e duração das interrupções, confrontar os valores obtidos com os informados pela distribuidora, além de trazer informações sobre variações de tensão sofridas pela indústria.

Algumas pesquisas realizadas consideram horários base para os quais os custos dos distúrbios devem ser referenciados (EPRI, 2001; Kjøle *et al.*, 2001; Kariuki e Allan, 1996a, 1996b; Sullivan *et al.*, 1996). No entanto, optou-se por considerar que os problemas de qualidade de energia ocorram no pior momento possível, ou seja, no momento em que os prejuízos possíveis sejam máximos. Por isso, se faz necessário conhecer, para cada tipo de consumidor, o período do dia, dia da semana e o mês do ano em que a ocorrência de distúrbios provoca o maior impacto possível. Existem três perguntas elaboradas para este fim. Na primeira delas o entrevistado deve informar por ordem crescente, considerando cinco níveis distintos, qual o nível de prejuízo ocasionado por uma falta de energia elétrica para períodos do dia discretizados em intervalos de três horas. Nas questões seguintes, a informação deve ser investigada a respeito do nível de prejuízo para os dias da semana e os meses do ano. Dessa forma, é possível estabelecer não só o pior momento de ocorrência dos distúrbios como também o perfil sazonal dos impactos (**sazonalidade dos custos**) e a vulnerabilidade das indústrias pesquisadas. Assim, através da valoração dos custos para o pior cenário pode-se estimar os prejuízos considerando outros períodos de ocorrência dos

distúrbios e também comparar as variações de custo para os diferentes consumidores pesquisados.

No momento da entrevista que antecede a aquisição dos valores relacionados aos distúrbios é realizada uma pergunta que procura verificar o **tipo e a intensidade do prejuízo** ocasionado por uma interrupção no fornecimento de energia. Ao informar os prejuízos sofridos, o entrevistado deve analisar seu impacto qualitativamente através de uma classificação que varia de intensidade nula a total. Esta questão serve como ponto de partida para a obtenção dos valores de custos e posterior comparação com os dados quantitativos.

Os prejuízos tratados de forma qualitativa são os seguintes:

- Perda de produção;
- Retomada de produção;
- Perda de matéria prima;
- Perda de produto em processo;
- Perda de produto acabado;
- Atraso nas entregas;
- Gastos com horas-extras;
- Gastos com gerador de energia;
- Avaria em equipamentos.

A etapa seguinte consiste da obtenção **quantitativa** dos custos ocasionados por falhas intempestivas no sistema de suprimento. Para tanto, os consumidores são questionados a estimar os valores para cada custo estipulado, nos intervalos de tempo indicados, considerando o momento onde os prejuízos são máximos.

O **custo da produção perdida (CPP)** refere-se ao valor da perda relacionada aos produtos e serviços que não podem ser produzidos durante o período de ocorrência da falha e o tempo de reinício das atividades. É a perda de produção considerada irrecuperável seja por horas extras ou retorno dos produtos em elaboração ao processo de produção e deve ser estimada para interrupções com duração de um segundo, um minuto, vinte minutos, uma hora, quatro e oito horas (cenários considerados). Dessa forma é possível determinar o **CPP** em função da duração da interrupção.

O **custo de retomada ou reinício da produção (CRP)** é determinado para os mesmos intervalos e equivale ao custo devido ao tempo que a indústria leva para retomar o ritmo normal de produção no caso da ocorrência de uma falha no suprimento de energia.



Este custo está associado à produção não realizada durante o intervalo de tempo necessário para retomar ao nível normal de trabalho. Indústrias têxteis, por exemplo, possuem elevados custos de reinício de produção devido à necessidade de limpeza de resíduos, remoção de materiais e sincronização da produção.

É de se esperar que o custo de retomada ou reinício da produção seja proporcional ao custo da produção perdida. Então, quanto maior a duração do distúrbio maior é o tempo de reinício e maiores são estes custos. Desse modo, o **tempo necessário para recuperação e reinício das atividades** da empresa deve ser obtido em função da duração da interrupção para que se possa, caso o entrevistado não saiba informar o valor do prejuízo, estimar indiretamente o custo de retomada ou reinício da produção substituindo aquele tempo na curva do custo da produção perdida.

O **custo de horas extras para compensar períodos interrompidos (CHE)** referem-se aos custos adicionais incorridos pela empresa para prolongar seu período normal de funcionamento devido à ocorrência de falhas no fornecimento de energia. Para realizar esta estimativa, o consumidor deve analisar quanto tempo seria necessário para recuperar o que deixou de ser produzido durante o tempo de interrupção somado ao tempo de reinício da produção. Em função do estabelecimento deste tempo o entrevistado é capaz de calcular os custos com mão de obra, equipamentos, materiais e outros custos, obtendo assim, o valor total para operar a indústria no período de horas extras. O valor médio do custo de mão de obra para o período de horas extras, obtido através do questionário, pode facilitar este cálculo e a eventual comparação com as respostas fornecidas pelos entrevistados.

Os **custos de perdas de informação (CPI)** são obtidos estimando os gastos necessários para realimentar estes dados e informações. Optou-se por considerar interrupções de longa duração (1 hora ou mais) baseado no pressuposto de que a grande maioria dos consumidores industriais possuem equipamentos de proteção capazes de cobrir interrupções inferiores a 1 hora. Os prejuízos causados por outros distúrbios, como variações de tensão de curta duração, que podem causar perda de dados em CLPs por exemplo, não devem ser incluídos aqui e devem ser contabilizados de forma geral juntamente com os custos referentes aos outros distúrbios de qualidade de energia (questões finais do formulário).

Vale ressaltar que este custo é de difícil contabilização e muitas vezes pode atingir valores exorbitantes em função do tipo de informação perdida e por isso as respostas fornecidas devem ser avaliadas com cautela.

Os **custos com matéria prima (CMP), produtos em elaboração (CPE) e produtos acabados (CPA) deteriorados ou estragados** podem ser estabelecidos para cada um dos cenários considerados ou através de outra alternativa, proposta e utilizada por Magalhães (2000). Esta alternativa consiste de uma tabela um pouco mais detalhada, onde são obtidos, não só o valor do prejuízo, mas também o tipo de material perdido e o tempo máximo que o mesmo é capaz de suportar uma falta de energia. Dessa forma, é possível determinar o custo para cada produto primário, em processo ou acabado identificado pelo cliente e o custo total referente a cada uma das categorias através da soma do valor dos prejuízos individuais.

Esta abordagem pode aumentar o tempo da entrevista, no entanto, introduz alguns benefícios pelo fato de orientar melhor o entrevistado e fornecer informações mais detalhadas a respeito da tolerância de produtos e materiais específicos (processados pela indústria) em relação ao tempo do distúrbio.

Na ocorrência de interrupções e/ou desconformidades de tensão, é comum nas indústrias, mesmo aquelas que fazem uso intensivo de equipamentos de proteção, que equipamentos e peças sejam danificadas e com isso, a necessidade de reparo ou substituição dos mesmos, acarretando em **custos de reparos (CR)**. Dentre os equipamentos que podem ser danificados podemos citar: equipamentos de escritório, máquinas, aparelhos eletro-eletrônicos em geral, aparelhos de refrigeração, motores elétricos, além de outros especificados pelos consumidores.

No entanto, muitas vezes os equipamentos são danificados não em função do distúrbio, mas em razão do retorno do suprimento de energia com tensão fora da faixa adequada.

Estes custos tendem a ser elevados e também refletem o grau de sensibilidade da indústria em relação aos problemas de qualidade de energia. Para obter estes valores pode-se analisar os manuais dos equipamentos onde encontram-se curvas de *tensão x duração*, as quais demonstram a sensibilidade dos equipamentos e quais níveis de tensão (magnitude) com as respectivas durações eles podem suportar. O conhecimento e experiência dos técnicos e engenheiros também pode ser útil para determinar estes custos.

Contudo, os prejuízos com materiais danificados causados por distúrbios diferentes de interrupções devem ser contabilizados ao final do questionário na seção relativa aos **custos de outros distúrbios**.

De modo análogo ao questionamento anterior, para obtenção do **CR**, o consumidor deve informar o equipamento danificado em função da duração do distúrbio e o conseqüente prejuízo advindo deste reparo ou substituição. Com isso é possível contribuir para determinação do limite de tolerância e dos principais equipamentos utilizados na indústria.

Quando a produção não pode ser entregue de acordo com o previsto devido aos distúrbios no fornecimento de energia, temos os **custos de vendas não realizadas (CVNR)**. O **CVNR** deve ser calculado pela margem de lucro unitária multiplicada pela quantidade que deixou de ser vendida em decorrência do distúrbio, descontada da produção que pode ser recuperada através de horas extra. Contudo, é importante realizar a distinção entre vendas não realizadas e outros custos indiretos, como por exemplo, o prejuízo causado por quebra de contratos, os quais não constituem objetivo da pesquisa.

Além dos custos considerados, é deixado a cargo do consumidor a estimativa de outros custos que por ventura não tenham sido mencionados no decorrer da pesquisa. Estes são os chamados **custos de outros fatores ou custos extras (COF)**. É importante que o cliente descreva a natureza destes custos, caso existam. Caso o consumidor seja capaz de estimar alguns custos indiretos (gastos com publicidade para recuperar a imagem da empresa, etc.), os quais não são considerados objeto do estudo, estes custos não deverão ser contabilizados junto aos demais.

A obtenção do Custo Total (CT) por duração de interrupção considerada para cada consumidor industrial pode ser calculado através da equação abaixo:

$$CT_{IND,i}(d_k) = CV_{ger}(d_k) + CR(d_k) + COF(d_k) + CVNR(d_k) + CPI(d_k) + CPP(d_k) + CPE(d_k) + CHE(d_k) + CMP(d_k) + CPA(d_k) + CRP(d_k) \quad (3.3)$$

Onde:

$CT_{IND,i}(d_k)$ : Custo Total de interrupção com duração  $d_k$ , para o consumidor industrial  $i$ ;

$CV_{ger}(d_k)$ : Custo Variável de operação dos geradores em função da interrupção de duração  $d_k$ ;

$d_k$ : Duração da interrupção considerada no questionário;

$i$ : Consumidor pesquisado.

Alguns prejuízos como, por exemplo, avaria em equipamentos, gastos com gerador de emergência, perda de matéria prima, perda de produto acabado, dentre outros, são também percebidos fora do horário normal de funcionamento da empresa. De modo a verificar a **sensibilidade da indústria fora dos horários de produção** optou-se por obter estes custos de forma qualitativa, considerando apenas sua intensidade de prejuízo para uma interrupção de 1 hora de duração, já que interrupções de curta duração são menos sensíveis fora do horário de produção.

Embora todos os custos tenham sido considerados para interrupções intempestivas, é prudente que se verifique o **impacto causado por interrupções programadas** no fornecimento de energia. O aviso antecipado de interrupções programadas pode minimizar os prejuízos pelo fato de indicar um tempo para que o consumidor possa tomar atitudes e procedimentos possíveis para mitigar os impactos causados. No entanto, é preciso ter conhecimento do tempo necessário para que a indústria possa reprogramar a produção, dispensar funcionários, desligar equipamentos e tomar as medidas cabíveis para enfrentar os distúrbios. Para isso foi considerado um cenário de interrupção com duração de uma hora, para o qual o consumidor deve estabelecer a possível redução de prejuízos, considerando avisos prévios de uma hora até dois dias de antecedência. Esta informação é de grande importância para a concessionária de distribuição, pois permite a realização de um planejamento de manutenção mais adequado e adaptado aos diferentes tipos de consumidor.

Da mesma forma, a determinação das **preferências do consumidor em relação à duração ou frequência da interrupção** é também objetivo da pesquisa por propiciar um melhor planejamento da distribuidora em relação à programação de interrupções. Nesse sentido o consumidor é questionado a estimar suas preferências quanto à interrupções menos frequentes e mais longas ou interrupções mais frequentes e de menores durações.

Existem não só interrupções, mas uma variedade de **outros distúrbios relacionados ao fornecimento de energia** que podem afetar a unidade consumidora. Dentre estes podemos citar as flutuações de tensão, variações de tensão de curta e longa duração, harmônicas, desequilíbrio de tensão, problemas de aterramento, etc.

Devido à dificuldade de obtenção destes custos, os valores serão estimados de forma geral sem distinguir os custos por distúrbios, o que elevaria a complexidade da pesquisa e comprometeria a credibilidade dos dados obtidos, visto que atualmente o consumidor ainda não está preparado para estimar tais custos.

Inicialmente, o consumidor é solicitado a estimar o **número de distúrbios sofridos** pela organização durante um ano normal de produção e quais os **efeitos normalmente sentidos**, pois através das características do efeito o pesquisador pode identificar os **fenômenos** e também determinar os custos incorridos. Caso a indústria possua equipamentos de monitoramento da qualidade de energia, estas informações podem ser obtidas mais facilmente.

Além do número de distúrbios e dos efeitos percebidos é importante saber se os processos dos consumidores são realmente afetados por tais distúrbios e por quanto tempo estas atividades são prejudicadas.

Por fim, o **prejuízo anual** para a empresa em decorrência destes eventos (todos os distúrbios com exceção das interrupções), definido como Custo de Qualidade de Energia – **CQE**, deve ser estimado.

O Custo Total Anual (CTA), ou seja, o custo das interrupções, incluídos os custos fixos de operação dos equipamentos de emergência, mais o custo dos outros distúrbios para cada consumidor pesquisado, pode ser obtido a partir das informações contidas no questionário através da seguinte equação:

$$CTA_{IND,i} = \sum_{k=1}^n [CT_{IND,i}(d_k) \cdot f_k] + (CF_{ger} + CF_{prot}) + CQE \quad (3.4)$$

Onde:

$CTA_{IND,i}$ : Custo Total Anual para cada consumidor industrial  $i$ ;

$f_k$ : Frequência de ocorrência anual da interrupção de duração  $d_k$  informada no questionário;

$n$ : Número de cenários considerados.

### 3.4.5 Consumidores Comerciais

A estrutura, bem como as perguntas propostas nos questionários desenvolvidos para a classe de consumidores comerciais é semelhante à estrutura e questões comentadas anteriormente para os consumidores do ramo industrial, com apenas algumas adaptações e alterações, as quais serão mostradas a seguir. O questionário proposto para esta classe de consumo encontra-se disponível no Anexo A.

No tocante aos dados gerais do estabelecimento, que compreendem a primeira parte do questionário, foi omitida a questão referente à demanda contratada expressa em kW, devido ao fato de que a grande maioria dos consumidores comerciais é caracterizada pela estruturação tarifária monômia e por isso possui apenas medição de consumo de energia elétrica ativa (kWh). Contudo, caso o estabelecimento comercial seja atendido em tensão igual ou superior a 2,3 kV ou em tensão inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição, caracterizado pela estruturação tarifária binômia e, portanto, pertencente ao Grupo “A”, nos termos da Resolução ANEEL nº 456, de 2000, esta questão poderá ser novamente incluída no questionário.

Desta maneira, a motivação para a proposta das perguntas contidas na parte inicial do questionário, necessárias para classificação do consumidor quanto à localização e identificação da empresa, ramo de atividade, características de conexão ao sistema de distribuição e dados relativos ao entrevistado, continua a mesma.

A segunda parte do questionário aborda questões qualitativas e quantitativas a respeito dos custos, sendo esta etapa mais específica e detalhada em relação à primeira. Com exceção do custo de reinício de produção, que foi desconsiderado para a classe de consumo comercial, assim como o tempo de reinício das atividades após a interrupção do fornecimento, a estrutura da segunda parte do questionário é a mesma utilizada para os consumidores industriais.

A respeito dos objetivos e propósitos de cada questão presente no formulário desenvolvido para o setor comercial, aplicam-se as mesmas justificativas e considerações exemplificadas para o setor industrial. As respostas obtidas em cada um dos questionários é que irão delinear o perfil e diferenciar cada classe de consumidor, principalmente no que concerne às necessidades de uso da energia e magnitude dos prejuízos decorridos de sua qualidade inadequada.

O Custo Total por duração de interrupção considerada para cada consumidor comercial pesquisado pode ser calculado através da equação abaixo:

$$CT_{COM,i}(d_k) = CV_{ger}(d_k) + CR(d_k) + COF(d_k) + CVNR(d_k) + CPI(d_k) + CPP(d_k) + CPE(d_k) + CHE(d_k) + CMP(d_k) + CPA(d_k) \quad (3.5)$$

Onde:

$CT_{COM,i}(d_k)$ : Custo Total de interrupção com duração  $d_k$ , para o consumidor comercial  $i$ .

O Custo Total Anual (CTA) pode ser obtido da seguinte forma:

$$CTA_{COM,i} = \sum_{k=1}^n [CT_{COM,i}(d_k) \cdot f_k] + (CF_{ger} + CF_{prot}) + CQE \quad (3.6)$$

Onde:

$CTA_{COM,i}$ : Custo Total Anual para cada consumidor comercial  $i$ .

### 3.4.6 Consumidores Residenciais

Em relação às classes comercial e industrial, no caso da unidade consumidora residencial, os prejuízos ocasionados por problemas na qualidade de energia tendem a ser menores. No entanto, devido à grande quantidade de consumidores residenciais, seu impacto no custo global torna-se elevado e por esta razão a classe de consumo residencial merece ser estudada, considerando-se, para tanto, suas particularidades e diferenças em relação as outras classes abordadas anteriormente.

No âmbito dos sistemas de distribuição, a classe de consumidores residenciais é responsável por uma parcela significativa do número total de consumidores e do consumo de energia elétrica, representando aproximadamente 25 % (88,23 TWh) do consumo total. Porém, devido às peculiaridades no que diz respeito à finalidade de uso da energia elétrica em uma residência, a determinação de tais prejuízos torna-se uma tarefa mais complexa, já que as atividades realizadas em seu interior tais como lazer, bem-estar, segurança, conforto e alimentação entre outras, não são passíveis de valorização econômica direta (Santos, 1988).

Contudo, em face destas dificuldades, as quais acabam por imputar um caráter subjetivo à tarefa de determinação dos prejuízos associados à qualidade de energia, optou-se por abordar através dos questionários apenas a parcela das perdas que podem ser valoradas através de uma análise direta dos custos envolvidos.

Em relação ao questionário desenvolvido, assim como os anteriores, este é dividido em duas partes principais. Na primeira, são obtidas informações gerais sobre o entrevistado e sobre o domicílio a ser pesquisado e a segunda parte aborda informações e dados mais específicos, os quais serão utilizados para realização de uma análise qualitativa e quantitativa a respeito dos custos.

Vale ressaltar que apenas consumidores exclusivamente residenciais devem ser considerados para aplicação dos questionários. Portanto, caso seja detectada a realização de alguma atividade comercial ou industrial dentro, nos fundos ou em qualquer outro local

pertencente ao domicílio, o mesmo não deverá ser considerado como consumidor da classe residencial.

A estrutura da parte inicial do questionário desenvolvido para a classe de consumidores residenciais é a seguinte:

### **I - Dados Gerais**

#### **1) Localização da residência:**

*a) Endereço.*

#### **2) Dados sobre o entrevistado:**

*a) Nome;*

*b) Telefone para contato;*

*c) Escolaridade.*

#### **3) Informações sobre os integrantes do domicílio:**

*a) Número de moradores;*

*b) Número de trabalhadores;*

*c) Renda total do domicílio.*

#### **4) Dados relativos à unidade residencial:**

*a) Consumo médio mensal de energia elétrica (kWh);*

*b) Área construída total (m<sup>2</sup>).*

Além de informações essenciais, comuns a todos os questionários, como **consumo de energia**, **endereço do consumidor**, dados necessários para uma eventual necessidade de contatos futuros (correção e confirmação sobre os dados prestados), como **nome e telefone do entrevistado** e dados para avaliação das respostas, como **escolaridade** do respondente, são requeridas informações aplicadas somente à classe residencial. Dentre estas temos o número de pessoas residentes no domicílio, separadas por idade, a quantidade destes indivíduos que são capazes de gerar renda, qual é essa renda total mensal e a área construída da residência.

Em relação ao consumo de energia é importante conhecer o número de residentes e suas respectivas faixas etárias, pois o consumo em uma residência varia em função da idade de seus ocupantes.



A pergunta sobre a escolaridade do entrevistado assume uma importância ainda maior no caso dos consumidores residenciais, pois é necessário, para o aproveitamento da entrevista, que os consumidores entrevistados possuam um nível de instrução adequado para um bom entendimento das questões propostas, o que pode ser mais comumente encontrado nos casos dos consumidores comerciais e industriais. A resposta a este questionamento pode ser utilizada como critério de reconhecimento e verificação da credibilidade da entrevista para fins de validação do questionário. A compreensão do entrevistado está relacionada com as características sócio-econômicas do mesmo. Além disso, um mau entendimento acarreta incidência de respostas incertas ou nulas, o que pode prejudicar a veracidade dos resultados.

O levantamento do **número de moradores, número de trabalhadores, renda total do domicílio** (salários, aposentadorias, rendas informais), **consumo médio mensal de energia elétrica (kWh), área construída** da residência a fim de estabelecer relações entre custo e área construída ( $R\$/m^2$ ), são realizados com o intuito de possibilitar o estabelecimento de comparações e traçar tendências entre os consumidores residenciais pesquisados.

Dessa forma, pode-se também extrapolar o resultado do estudo para prever ou estimar os custos de consumidores não pesquisados, em função de parâmetros como número de moradores, área construída, consumo de energia, valor da fatura, renda total do domicílio, dentre outros. É importante destacar que o valor médio mensal gasto com energia elétrica não está incluído no questionário, pois o mesmo pode ser obtido através do produto entre a tarifa cobrada pelo supridor local e o consumo médio mensal da residência.

A segunda parte do questionário é mais detalhada e procura abordar questões qualitativas e quantitativas a respeito dos custos. Sua estrutura geral, a qual difere da apresentada para o setor industrial, pode ser observada abaixo:

## **II - Dados sobre os Custos**

- 1) Tempo máximo admissível de uma interrupção que não afete as atividades domésticas e não cause qualquer prejuízo ou desconforto à residência.**
- 2) Finalidade de uso da energia elétrica e intensidade de consumo.**
- 3) Atividade geradora de renda:**

- a) Verificação da existência de atividade geradora de renda que seja dependente da energia;*
  - b) Equipamento utilizado;*
  - c) Prejuízo estimado em função da paralisação da atividade.*
- 4) Percepção do consumidor a respeito da qualidade do fornecimento de energia.**
- 5) Método de disposição a pagar:**
  - a) Avaliação do consumidor em relação ao valor cobrado pela energia;*
  - b) Possibilidade de ganhos de eficiência através da melhoria na qualidade de energia;*
  - c) Disposição a pagar pelo incremento da qualidade de energia.*
- 6) Percepção do consumidor sobre a(s) causa(s) dos distúrbios.**
- 7) Equipamentos de emergência:**
  - a) Tipos de equipamentos de emergência utilizados na residência;*
  - b) Custo de aquisição e operação destes equipamentos.*
- 7.1) Equipamentos do tipo geradores, no-breaks ou baterias:**
  - a) Custo fixo mensal;*
  - b) Custo variável de operação;*
  - c) Tempo de utilização durante o ano.*
- 8) Frequência e duração das interrupções sofridas.**
- 9) Sazonalidade dos custos:**
  - a) Período do dia;*
  - b) Dia da semana;*
  - c) Mês do ano.*
- 10) Equipamentos danificados:**
  - a) Tipo de aparelho danificado e prejuízo sofrido.*
- 11) Prejuízo estimado em bens ou produtos estocados.**
- 12) Impacto ocasionado pela interrupção programada.**
- 13) Preferência do consumidor em relação à duração ou frequência da interrupção.**

**14) Custos de outros distúrbios:**

- a) Fenômenos percebidos;*
- b) Efeito nas atividades realizadas no domicílio;*
- c) Prejuízo anual estimado.*

A pergunta referente ao **tempo máximo admissível de uma interrupção que não afete as atividades domésticas e não cause qualquer prejuízo ou desconforto à residência** tem a mesma finalidade justificada nos questionários anteriores e, portanto, deve ser feita com o intuito de medir a tolerância de cada consumidor em relação à duração das interrupções. O desconforto pode ser causado em função de diversos fatores. Dentre eles, podemos citar a inoperância de aparelhos de ar condicionado e/ou outros aparelhos utilizados frequentemente na residência. As atividades domésticas que exigem a disponibilidade de iluminação ou a utilização de equipamentos elétricos podem demorar um pouco mais para serem afetadas, uma vez que estas podem ser substituídas por outras que dependam menos de eletricidade, minimizando assim os prejuízos.

Para conhecer melhor a **natureza do uso e a intensidade de consumo de energia** em cada domicílio é necessário que estas informações estejam contempladas nos questionários desenvolvidos para a classe de consumo residencial. Com estes dados é também possível saber que tipos de aparelhos podem ser danificados pelos distúrbios e como a falta de energia pode afetar as atividades desenvolvidas.

Em relação as possíveis atividades realizadas na residência, para ser tratada como **atividade geradora de renda**, devem ser consideradas apenas aquelas realizadas exclusivamente por pessoas residentes no domicílio. Isto inclui, dentre outras, atividades que complementem a renda dos moradores, que substituam atividades normalmente realizadas em seus locais de trabalho ou atividades exercidas por profissionais autônomos que trabalham diretamente de sua residência. Como exemplo, temos o caso de consultores, profissionais que estejam incapacitados de comparecer aos seus locais de trabalho, donas de casa que lavam e passam para complementar a renda, etc. Na ocorrência de outros casos não previstos anteriormente, o consumidor não deve ser considerado pertencente ao setor residencial e com isso, o questionário não deve ser aplicado para fins de consideração na pesquisa.

Naturalmente, os custos dos distúrbios tendem a ser maiores para consumidores residenciais que utilizem a energia elétrica como insumo para geração de renda e neste caso o domicílio residencial possui algumas características de unidade produtiva, o que

diminui a distância entre estes e as classes comerciais e industriais. Além do prejuízo incorrido pela não execução desta tarefa em função da duração do distúrbio, é importante levantar informações sobre a natureza do trabalho realizado nas dependências do domicílio, e isto pode ser feito através do questionamento sobre o equipamento eletrônico utilizado.

A medição da **percepção e do grau de satisfação do consumidor em relação à qualidade do serviço prestado** é feita de forma simplificada pois o objetivo principal deste estudo é levantar os custos decorrentes da qualidade de energia inadequada. Por isso, a opinião do consumidor quanto à qualidade do fornecimento e dos serviços prestados funciona apenas como forma de avaliar a necessidade de mudanças (melhorias) no sistema e portanto, a análise desta será trabalhada de forma superficial neste trabalho.

Algumas pesquisas realizadas em âmbito nacional, como por exemplo, a Pesquisa de Satisfação do Consumidor, promovida pela ANEEL, que tem o objetivo de avaliar, a partir da percepção do consumidor, o grau de satisfação dos consumidores residenciais com os serviços prestados pelas distribuidoras de energia elétrica. O resultado desta pesquisa é o Índice ANEEL de Satisfação ao Consumidor – IASC (ANEEL, 2007). A pesquisa abrange toda a área de concessão das 64 distribuidoras no país e tem o propósito de subsidiar ações de regulação e fiscalização e possibilitar uma análise comparativa entre concessionárias do mesmo grupo (Prêmio IASC).

De forma similar, a avaliação do consumidor sobre o **preço da energia** cobrado pela concessionária irá fundamentar a análise da **disposição a pagar pela melhoria da qualidade de energia**. Para avaliar e manifestar opinião sobre o preço pago pela energia, além de considerar a qualidade do fornecimento, como por exemplo, não faltar nem variar a luz, rapidez e pontualidade em reparos na rede, avisos antecipados, etc., o consumidor deve levar em consideração as facilidades advindas da energia elétrica, ou seja, o conforto, a comodidade e a segurança que a energia pode trazer.

Além destas questões, o embasamento para consideração do método de disposição a pagar, já explicitado anteriormente, é realizado principalmente com auxílio da resposta dada a respeito da possibilidade de **obtenção de benefícios advindos da melhoria na qualidade de energia** fornecida pela concessionária. Com isso, espera-se que o consumidor esteja disposto a pagar um valor superior a tarifa atual, caso vislumbre a possibilidade de melhoria do fornecimento. Este valor equivale ao valor monetário que o consumidor estaria disposto a pagar para abster-se dos prejuízos ocasionados pela falta de

energia. Caso o consumidor não vislumbre a possibilidade de benefícios é natural que o mesmo não esteja disposto a pagar mais por isto. No entanto, algumas pesquisas têm mostrado que mesmo quando o cliente admite que seria beneficiado, muitas vezes este não mostra-se disposto a pagar um valor a mais mensalmente para se ver livre dos distúrbios. Isto ocorre em função de o consumidor achar que o valor da fatura já é demasiadamente elevado, a melhoria da qualidade do fornecimento é obrigação da distribuidora e esta deve arcar com estes custos, além de outros motivos já mencionados. Esta é, portanto, uma das limitações deste método. A disposição a pagar pode também ser complementada ou substituída pela disposição a receber pela perda de qualidade do sistema. Contudo, de modo a não comprometer um dos princípios de construção do questionário, o qual leva em consideração o tempo necessário para sua conclusão, foi utilizado apenas o método de disposição a pagar.

A **percepção dos consumidores residenciais em relação às causas dos distúrbios** deve ser investigada devido ao fato de que estes consumidores em sua maioria, comparados com consumidores das classes comercial e industrial, possuem pouco conhecimento acerca das características de um sistema de distribuição, e por isso sua percepção tende a ser diferente dos registros de ocorrência da concessionária.

Os custos com **equipamentos de emergência**, os quais irão compor os **custos de proteção (CP)** para mitigação dos prejuízos por parte do consumidor residencial, tendem a ser bem menores em relação aos custos de proteção das outras classes de consumo. Isto decorre da utilização de equipamentos de baixo custo (lanternas, lampiões, velas, etc.) por parte destes consumidores, sendo que o uso de equipamentos mais robustos, como baterias, *no-breaks* ou geradores de emergência é bastante incomum nesta classe. No entanto, como a utilização destes equipamentos mais sofisticados é também possível, optou-se por levantar estes custos para os clientes residenciais assim como realizado para as outras classes em estudo. Então, para obter os custos de proteção, foram analisados através das perguntas quais os equipamentos utilizados para suprir a falta de energia, o custo estimado para adquirir e operar tais equipamentos em função da duração do distúrbio e no caso de utilização de *no-breaks*, baterias ou geradores de emergência, os consumidores foram também argüidos sobre seu custo fixo mensal, além do custo variável (combustível) e o tempo de funcionamento para o caso dos geradores.

O custo de proteção (**CP**) anual para os consumidores residenciais é análogo ao **CPSD** para os consumidores industriais e comerciais, com a diferença de que o **CP**

envolve ainda o custo anual com aquisição e operação de equipamentos tais como lanternas, lampiões, velas, dentre outros.

A **freqüência e duração das interrupções** sofridas pelo consumidor é também extraída através do questionário com a finalidade de comparar com os dados da concessionária e auxiliar no cálculo dos custos.

Assim como no caso dos consumidores comerciais e industriais, o estudo dos custos deve ser realizado considerando a ocorrência dos distúrbios no momento em que os prejuízos sejam máximos. Para isso, são realizadas as mesmas perguntas constantes nos questionários anteriores, as quais procuram identificar o período do dia, dia da semana e o mês do ano em que a ocorrência de distúrbios provoca o maior impacto possível. Estas questões possibilitam ainda, o estudo da **sazonalidade e variação dos custos** em função dos diferentes períodos.

Os prejuízos considerados para os consumidores residenciais referem-se aos prejuízos com reparos ou substituição de **equipamentos danificados (CR)** e com bens ou produtos estocados em meio frio que se deterioram em decorrência do distúrbio. Para estimar estes custos, o cliente é inicialmente questionado sobre a ocorrência de dano em equipamento eletrônico no período de um ano antecedente a entrevista. Caso o consumidor responda afirmativamente, o mesmo deve informar qual o equipamento danificado e o prejuízo associado. Em geral, os equipamentos danificados são computadores, impressoras, geladeiras, televisores, refrigeradores, rádios e telefones, como pode ser constatado através da análise de pedidos de ressarcimento feitos pelos consumidores junto às concessionárias de distribuição. Em seguida o cliente deve estimar o **prejuízo com bens ou produtos estocados estragados (CPE)**, considerando os cenários pré-estabelecidos e sem diferenciar por tipo de produto estocado. Dessa maneira, todos os custos com produtos estocados perdidos são agrupados em um só valor.

A exemplo do que foi feito para os consumidores comerciais e industriais são aqui também considerados de forma qualitativa, o **impacto causado por interrupções programadas** em função da antecedência de comunicação prévia, assim como a determinação das **preferências do consumidor em relação à duração ou freqüência da interrupção** (interrupções menos freqüentes e mais longas ou interrupções mais freqüentes e de menores durações).

O Custo Total por duração de interrupção considerada para cada consumidor residencial pode ser obtido através da equação abaixo:

$$CT_{RES,i}(d_k) = CV_{ger}(d_k) + CV_{prot}(d_k) + CAR(d_k) + CR(d_k) + CPE(d_k) \quad (3.7)$$

Onde:

- $CT_{RES,i}(d_k)$ : Custo Total de interrupção com duração  $d_k$ , para o consumidor residencial  $i$  pesquisado;
- $CV_{prot}(d_k)$ : Custo Variável com materiais e/ou equipamentos utilizados para suprir a falta de energia em função da interrupção de duração  $d_k$  (não inclui baterias, *no-breaks* ou geradores);
- $CAR(d_k)$ : Custo referente à Atividade geradora de Renda em função da interrupção de duração  $d_k$ .

Quanto à consideração de **outros distúrbios** que não sejam interrupções, como flutuações de tensão, variações de tensão de curta e longa duração, harmônicas, desequilíbrio de tensão, problemas de aterramento, etc., será realizada uma estimativa de caráter superficial já que os consumidores residenciais enfrentam grandes dificuldades para determinar estes custos de forma apropriada. A ocorrência destes distúrbios e quais deles atingem a unidade residencial pode ser melhor analisada através da percepção do consumidor em relação aos seus efeitos, o que pode ser realizado mais facilmente ao invés de questionar diretamente quais os distúrbios percebidos. Em seguida o consumidor é questionado se as atividades realizadas no domicílio são afetadas em razão da ocorrência dos fenômenos citados na pergunta anterior. Por último espera-se que o consumidor tente estimar, ao menos aproximadamente, qual o **prejuízo anual (CQE)** em decorrência destes eventos.

O Custo Total Anual (CTA) pode ser obtido da seguinte forma:

$$CTA_{RES,i} = \sum_{k=1}^n [CT_{RES,i}(d_k) \cdot f_k] + (CF_{ger} + CF_{prot}) + CQE \quad (3.8)$$

Onde:

- $CTA_{RES,i}$ : Custo Total Anual para cada consumidor residencial  $i$ .

### 3.5 Compilação dos Dados

O processo de transformação dos dados pesquisados em parâmetros de custo utilizáveis é um passo fundamental na aplicação das informações pesquisadas e na avaliação dos impactos econômicos associados a problemas de qualidade de energia.

Os custos estimados pelos entrevistados, inicialmente em valores monetários por interrupção (R\$/interrupção), podem ser transformados em formas passíveis de utilização como ferramenta de auxílio ao planejamento e tomada de decisões, através da normalização dos custos pela demanda máxima (R\$/kW), consumo de energia ou energia não suprida (R\$/kWh).

A normalização dos dados é feita com o propósito de criar Funções de Dano ao Consumidor (CDF), as quais podem ser utilizadas para representar os diferentes consumidores (Wacker e Billinton, 1989; Billinton e Allan, 1998; Billinton e Wenyan, 1994; CIGRE, 2000; Samdal *et al.*, 2006) e possibilitar a comparação entre diferentes estratégias de planejamento e operação por meio de análises de custo-benefício.

Conforme explicitado ao longo do trabalho, os custos decorrentes de problemas de qualidade de energia são influenciados por diversas variáveis, tais como, tipo de consumidor, localização geográfica, período de ocorrência do distúrbio (hora, dia, mês), duração da interrupção, dentre outras.

Contudo, a duração da interrupção é a variável utilizada para criar as Funções de Dano ao Consumidor (CDF), que são curvas desenvolvidas a partir dos dados fornecidos pelos entrevistados, as quais expressam os custos em função da duração da falha, sendo os custos normalizados pelos parâmetros já mencionados (kWh e kW).

As CDFs são funções desenvolvidas para consumidores individuais e além destas podem ser criadas as Funções de Dano ao Consumidor por Setor (SCDF) e a Função Composta de Dano ao Consumidor (CCDF).

### 3.5.1 Função de Dano ao Consumidor (CDF)

A Função de Dano ao Consumidor representa a curva de custo para cada consumidor, em função do cenário de duração  $d_k$  considerado.

A CDF é calculada pela equação abaixo:

$$c_i(d_k) = \frac{C_i(d_k)}{FN_i} \quad (3.9)$$

Onde:

$c_i(d_k)$ : Custo normalizado em R\$/kWh ou R\$/kW para o consumidor  $i$ ;

$C_i(d_k)$ : Custo estimado pelo consumidor  $i$  para uma interrupção de duração  $d_k$ ;



$FN_i$ : Fator de normalização para o consumidor  $i$  em  $kWh$  ou  $kW$ .

### 3.5.2 Função de Dano ao Consumidor por Setor (SCDF)

A SCDF apresenta os custos de interrupções em função da duração, para os consumidores dos setores pesquisados (residencial, comercial e industrial). No caso dos setores comercial e industrial que são divididos em sub-setores (diferentes atividades econômicas), de acordo com a CNAE, a SCDF deve ser primeiramente determinada para estes sub-setores. Em seguida estas devem ser combinadas entre si para formar as funções de custo para o setor como um todo (SCDF).

As funções de custo de cada consumidor podem ser combinadas de duas maneiras (CIGRE, 2000) para gerar a SCDF:

- **Custo médio:** os custos estimados pelos consumidores são divididos pelo fator de normalização requerido (energia consumida em  $kWh$  e/ou demanda máxima em  $kW$ ), somados e então calcula-se a média aritmética, resultando no custo por setor, conforme equação abaixo:

$$c_s(d_k) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m c_i(d_k) \quad (3.10)$$

Onde:

$c_s(d_k)$ : Custo normalizado em  $R\$/kWh$  ou  $R\$/kW$  para o setor ou sub-setor  $s$ ;

$m$ : Número de consumidores entrevistados no setor  $s$ .

- **Custo agregado:** obtido pela relação entre a soma dos custos e a soma dos fatores de normalização. Resulta em valores de custo menores que o modelo de custo médio e por isso, tem sido o método mais utilizado pela literatura. Calculado de acordo com a seguinte equação:

$$c_s(d_k) = \frac{\sum_{i=1}^m C_i(d_k)}{\sum_{i=1}^m FN_i} \quad (3.11)$$

É importante destacar que o objetivo do processo de normalização é possibilitar que outros consumidores do mesmo setor, mas com demandas e consumos distintos, possam

utilizar a mesma SCDF e ser comparados através dela. Assim, a criação das SCDF é de fundamental importância para a aplicação das informações adquiridas na pesquisa junto ao consumidor.

### 3.5.3 Função Composta de Dano ao Consumidor (CCDF)

A CCDF é a medida de custo em função da duração da interrupção para o conjunto de consumidores de uma determinada região em estudo (alimentador, área específica ou todo o sistema).

O cálculo da CCDF é realizado através da ponderação dos custos obtidos para cada categoria de consumidor pesquisado, através da contribuição deste setor em relação à demanda máxima total ou o consumo total de energia para a área do sistema onde a CCDF será calculada.

Por isso, o *mix* de consumidores da região em termos de sua contribuição no consumo de energia e/ou demanda máxima total, assim como as Funções de Dano ao Consumidor por Setor ou sub-setor devem ser conhecidas para que os custos de interrupção de cada uma das categorias de consumidores possa ser ponderado adequadamente.

O custo total para o conjunto de diferentes tipos de consumidores para cada duração de interrupção considerada pode ser obtida pela soma dos valores de custos corretamente ponderados, conforme equação abaixo:

$$c_{conj}(d_k) = \sum_{s=1}^S c_s(d_k).W_s \quad (3.12)$$

Onde:

- $c_{conj}(d_k)$ : Custo normalizado em  $R\$/kWh$  ou  $R\$/kW$  para o conjunto de consumidores abordados;
- $W_s$ : Peso apropriado de cada setor, proporcional à participação na demanda máxima total ou consumo total do conjunto considerado;
- $S$ : Número de setores.

### 3.5.4 Estimação de Índices

Atualmente as concessionárias pertencentes ao Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) são cobradas pelo órgão regulador que estipula metas anuais para os indicadores de continuidade (DEC, FEC, DIC, FIC e DMIC) e estabelece níveis aceitáveis de tensão de fornecimento.

O não cumprimento das metas e violação dos níveis de tensão permitidos acarreta em multas ou ressarcimento dos prejuízos aos consumidores.

Estas empresas estão ainda sujeitas ao ressarcimento de danos elétricos causados aos equipamentos dos consumidores conectados em tensão menor ou igual a 2,3 kV.

Em função disso, as concessionárias dos serviços de distribuição pautam suas decisões apenas nos indicadores mencionados acima, pois não existe um incentivo para que as mesmas utilizem outros indicadores que possam trazer informações mais precisas para fins de planejamento e avaliação da confiabilidade do sistema.

Contudo, serão apresentados alguns indicadores utilizados internacionalmente (Billinton e Allan, 1998; Billinton e Wenyuan, 1994; Bozic, 2000; Samdal *et al.*, 2006), os quais podem ser estimados através de dados da própria distribuidora e dados obtidos através da utilização dos questionários desenvolvidos.

Estes indicadores, aliados a outras informações de custos possibilitam a comparação entre diferentes alternativas de investimentos em termos de seu custo total.

Em contrapartida, a utilização de apenas os índices atualmente utilizados pelas distribuidoras (DIC, FIC, DEC, FEC, etc.), pode não contribuir para a correta análise da melhor alternativa de investimento ou operação a ser implementada.

Isto pode acontecer, por exemplo, pelo fato de que uma determinada região do sistema pode ter um elevado índice de frequência de interrupções, porém cada falha causa um prejuízo economicamente insignificante aos consumidores e por isso, esta pode não ser uma região com grandes necessidades de receber prioridade nos investimentos, em detrimento de outra com uma baixa frequência de interrupções e prejuízos consideravelmente elevados.

Dentre os índices utilizados internacionalmente, temos a Energia Esperada Não Suprida - EENS em MWh/ano, que pode ser facilmente associada aos custos de interrupção para realizar a avaliação da confiabilidade do sistema. De modo geral, a EENS pode ser calculada conforme equação abaixo:

$$EENS = \sum_{k=1}^n L_k \cdot f_k \cdot d_k \quad (3.13)$$

Onde:

- $L_k$ : Corte de carga do evento de perda de carga  $k$  em *MW*;  
 $f_k$ : Frequência do evento de perda de carga  $k$  em *ocorrências/ano*;  
 $d_k$ : Duração do evento de perda de carga  $k$  em *horas*;  
 $n$ : Número total de eventos de perda de carga.

O valor monetário do custo de interrupção associado à energia não suprida, pode ser expresso por meio da Taxa de Avaliação da Energia Interrompida (IEAR) ou Valor de Carga Perdida (VoLL) em R\$/kWh, que é calculado através da seguinte expressão:

$$IEAR = \frac{\sum_{k=1}^n L_k \cdot f_k \cdot c(d_k)}{\sum_{k=1}^n L_k \cdot f_k \cdot d_k} \quad (3.14)$$

Onde:

- $c(d_k)$ : Função de Dano ao Consumidor em R\$/kW.

Uma vez calculados os índices EENS e IEAR pode-se determinar o Custo de Interrupção Esperado (ECOST) em kR\$/ano:

$$ECOST = EENS \cdot IEAR = \sum_{k=1}^n L_k \cdot f_k \cdot c(d_k) \quad (3.15)$$

As equações (3.13), (3.14) e (3.15) são as funções básicas utilizadas na avaliação analítica do valor da confiabilidade. Em Billinton e Wenyan (1994) é apresentada uma abordagem de cálculo destes índices através do método de simulação Monte Carlo (Silva *et al.*, 1997) que, no entanto, não será abordado no presente trabalho.

### 3.6 Considerações Finais

A metodologia proposta para avaliação econômica do impacto ocasionado por interrupções e outros distúrbios relacionados à qualidade de energia elétrica em consumidores dos setores industrial, comercial e residencial, foi baseada na técnica de pesquisa junto ao consumidor, que consiste de um método de pesquisa direta onde o

entrevistado é solicitado a estimar, por meio de um questionário, os custos e perdas sofridas devido aos distúrbios no fornecimento de energia.

O método de pesquisa junto aos consumidores, bastante difundido em estudos e trabalhos nacionais e internacionais, conforme pôde ser observado no Capítulo 2, tem o objetivo de proporcionar um conhecimento mais aprofundado sobre a influência dos problemas de qualidade de energia nas atividades do consumidor pesquisado.

Este conhecimento acerca da eletro-dependência dos consumidores irá fornecer informações para auxiliar no processo de tomada de decisões por parte das concessionárias de distribuição e também auxiliar os próprios consumidores no planejamento de suas instalações e análise dos investimentos necessários para mitigar os prejuízos causados por falhas no suprimento de energia elétrica.

Para tanto, foram desenvolvidos questionários específicos para os consumidores industriais, comerciais e residenciais, onde cada um deles procurou abordar as particularidades das classes pesquisadas, visto que as mesmas são afetadas de maneira diferenciada em função dos problemas de qualidade de energia.

Foram definidos custos distintos para cada classe objeto da pesquisa e considerados seis cenários de interrupções com duração variando de 1 segundo a 8 horas para os setores industrial e comercial e de 1 hora a 24 horas para o setor residencial. Desta forma, o entrevistado é solicitado a estimar o valor monetário de cada custo estipulado para o respectivo questionário, considerando interrupções com durações de acordo com os cenários propostos, ocorrendo no momento em que os prejuízos são máximos.

A definição de custos proposta abrange apenas custos diretos, os quais incluem os prejuízos causados por efeitos diretos ocasionados pela interrupção nas atividades e na produção. Ao passo que os custos indiretos resultam das respostas às interrupções e incluem as atividades exercidas pelos consumidores para compensar seus efeitos, além de contarem com custos mais subjetivos como perda de lazer e conforto, insegurança, perda da imagem da empresa, dentre outros, os quais são de difícil quantificação e análise por parte do consumidor e por isso não devem ser objeto da pesquisa.

Custos ocasionados por outros problemas de qualidade de energia, como por exemplo, flutuações de tensão, variações de tensão de curta e longa duração, harmônicas, desequilíbrio de tensão, dentre outros, foram também considerados no desenvolvimento da metodologia proposta. No entanto, estes são abordados de maneira simplificada devido ao

fato de que o consumidor não se encontra ainda preparado para estimar as perdas e o impacto ocasionado por tais fenômenos.

Por fim, foram introduzidos conceitos relacionados ao processo de transformação dos dados pesquisados em parâmetros de custo utilizáveis como ferramenta de auxílio ao planejamento e tomada de decisões. Isto pode ser alcançado por meio das funções de dano ao consumidor, as quais expressam os custos em função da duração da falha e podem ser desenvolvidas para consumidores individuais, setores como um todo e também para um conjunto específico, formado por consumidores de diversos setores; ou ainda através da determinação de indicadores que procuram estabelecer, por exemplo, o valor da carga perdida ou o custo de interrupção esperado.

# Capítulo 4

## Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

---

### 4.1 Conclusões

Em virtude da evolução tecnológica dos equipamentos elétricos, os consumidores têm se tornado cada vez mais dependentes do fornecimento de energia elétrica com qualidade adequada e capaz de atender suas necessidades. Nesse sentido, esta dissertação apresentou uma proposta de metodologia para avaliação dos impactos econômicos associados a problemas de qualidade de energia, que afetam os consumidores.

A metodologia proposta para os setores industrial, comercial e residencial, baseada em pesquisas junto aos consumidores leva em consideração aspectos relacionados às características próprias do consumidor (tipo e tamanho da unidade de consumo, ramo de atividade, forma de utilização de energia), características dos distúrbios (duração, frequência, momento da ocorrência, existência de comunicação prévia) e tem como objetivo fundamental, estimar os prejuízos sofridos pelos consumidores em função dos problemas no fornecimento de energia.

O ponto fundamental do trabalho foi o desenvolvimento de um questionário, por meio do qual podem ser obtidas as informações necessárias junto aos consumidores. Estas irão proporcionar, sobretudo, a melhoria do processo de otimização do planejamento da expansão, operação e manutenção do sistema elétrico por parte da concessionária de

distribuição, auxiliar o consumidor na definição de investimentos em suas instalações através da possibilidade de realizar uma análise de custo-benefício entre o custo da solução e o prejuízo causado pelo distúrbios ou mesmo como ferramenta para o aprimoramento da implementação de políticas de fiscalização e regulação por parte do órgão regulador.

Para tanto, o planejador da pesquisa deve adaptar o questionário, no que for necessário, para a otimização do instrumento de coleta de dados de acordo com suas necessidades de utilização, recursos financeiros disponíveis para realização da pesquisa, características da área de estudo e obtenção de informações consideradas fundamentais.

Diante disso, foi realizada uma pequena pesquisa de campo, utilizando-se os questionários desenvolvidos para o setor residencial, com o objetivo de testar o questionário na prática, verificar sua aplicabilidade e obter comentários, sugestões e críticas que possibilitem o aperfeiçoamento dos mesmos. Para isso, o instrumento de coleta de dados foi empregado com alguns alunos do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília (UnB) e funcionários da ANEEL, totalizando 28 questionários preenchidos.

Os consumidores pesquisados, de maneira geral, não apresentaram dificuldades no preenchimento das questões propostas. Contudo, 50% deles não souberam responder qual o consumo médio mensal de energia da residência, pelo fato de não possuírem suas faturas no momento de realização da entrevista. Dentre os respondentes verificou-se que o consumo médio mensal de energia elétrica variou de 90 a 680 kWh e a relação média consumo/área construída foi de 1,57 kWh/m<sup>2</sup>. Além disso, alguns consumidores deixaram questionamentos como a renda mensal total líquida da residência em aberto. Questões estas, que, no entanto, não motivariam a desconsideração de quaisquer dos questionários, para fins de verificação dos resultados da pesquisa.

As residências consideradas na pesquisa teste apresentaram uma média de quase quatro integrantes, sendo que destes, pouco mais de duas pessoas são responsáveis pela renda do domicílio, que foi na totalidade dos respondentes, acima de dez salários mínimos.

O tempo máximo admissível de uma interrupção que não cause prejuízos às atividades domésticas, desconforto ou qualquer outro impacto à residência varia de 3 minutos a 2 horas, com média de 37 minutos. Já quanto ao uso da energia elétrica, as residências apresentaram a predominância de sua utilização para a refrigeração de produtos, desempenho de atividades domésticas e de lazer, iluminação, chuveiro elétrico e computadores.



Somente um consumidor respondeu exercer atividade geradora de renda no domicílio, a qual é realizada por meio do uso de computadores e impressoras e que uma interrupção poderia causar um prejuízo monetário de R\$ 500 a R\$ 1500, de acordo com o cenário considerado, que varia de 1 a 24 horas.

No tocante à qualidade do fornecimento de energia elétrica definida pelo cliente, 2/3 deles consideram o serviço de boa qualidade, 1/6 consideram o serviço ruim e o restante está dividido entre ótimo ou péssimo. Metade dos entrevistados mostrou-se indiferente quanto ao valor da energia cobrado pela concessionária e o restante avalia que o valor cobrado está caro ou muito caro, sendo que a grande maioria responde que teria poucos, alguns ou muitos benefícios caso a concessionária melhorasse a qualidade de fornecimento. Dentre estes, 40 % estaria disposto a pagar um percentual a mais na tarifa para que isto acontecesse. No entanto, os consumidores que perceberiam benefícios, mas não estariam dispostos a pagar mais por isso, alegam principalmente, que o custo necessário para a melhoria do sistema é de responsabilidade exclusiva da concessionária de distribuição.

Os consumidores acreditam que a principal causa dos distúrbios relacionados à qualidade de energia provém da própria concessionária, e para protegerem-se destes distúrbios, eles possuem alguns equipamentos de proteção, em sua grande maioria lanternas e velas, cujo custo informado para aquisição e operação varia em função da duração da interrupção, podendo atingir uma média de aproximadamente R\$ 62 após 24 horas de duração.

A frequência de ocorrência das interrupções sofridas pelos consumidores nos últimos três meses, varia de 0 a 5, sendo que quase a sua totalidade situa-se na faixa de duração inferior a 1 hora. Em função destas, 1/4 dos entrevistados afirmaram ter sofrido prejuízos com equipamentos danificados, como computadores e televisões. Já quanto à sazonalidade dos prejuízos, o período crítico para ocorrência de interrupções situa-se entre as 18 e 21 horas da noite, seguido do meio dia às 15 horas e após as 21 horas até a meia noite. Com relação ao dia da semana e mês do ano, pode-se observar que o consumidor, de modo geral, mostrou-se indiferente quanto ao período de ocorrência do distúrbio.

Os consumidores apresentaram prejuízos estimados em bens ou produtos estocados estragados ou danificados em função da duração da interrupção bastante variados, podendo atingir até R\$ 1400 para uma interrupção de 24 horas de duração, sendo que, no entanto,

80% dos respondentes apresentaram custos de R\$ 300 ou abaixo para este mesmo período de tempo.

A comunicação prévia realizada com antecedência poderia reduzir grande parte dos impactos ocasionados pelas interrupções programadas caso fosse dada com pelo menos 12 horas de antecedência, segundo informações fornecidas pelos entrevistados. Ainda, segundo os mesmos, interrupções menos frequentes e mais longas causam menores impactos do que interrupções mais frequentes e de menores durações.

A respeito da consideração de outros distúrbios que afetam a unidade consumidora, os entrevistados percebem a ocorrência de fenômenos como variação da luminosidade de lâmpadas, fechamento de disjuntores, perda de dados, reinicialização e desligamento de computadores, interferência em rádios, sistemas de som e imagem e desconfiguração de relógios digitais. Em 2/3 dos domicílios pesquisados, estes fenômenos são suficientes para afetar as atividades realizadas internamente e os custos totais anuais decorrentes destes eventos variam de R\$ 50 a 3000.

## **4.2 Limitações da Metodologia Proposta**

A metodologia proposta possui algumas limitações e seu emprego pode apresentar dificuldades. A maior delas decorre do fato de que o consumidor tem grande dificuldade de estimar os prejuízos em função dos cenários de interrupções, por razões diversas, dentre as quais a falta de experiência em relação ao distúrbio considerado, o desconhecimento dos processos desempenhados pela empresa e como o suprimento de energia influi nos mesmos. Existe ainda a possibilidade do objetivo da pesquisa não ser bem compreendido, o que pode acarretar em uma estimativa tendenciosa por parte do entrevistado. Por isso, a credibilidade dos dados avaliados através da pesquisa deve ser cuidadosamente examinada para que as informações obtidas possam ser utilizadas de modo correto e eficaz.

Outra dificuldade está relacionada à utilização dos resultados pesquisados, os quais possuem limitações quanto à sua generalização para outras regiões geográficas devido, principalmente, as diferenças sócio-econômicas entre regiões distintas.

Vale ressaltar que, embora muitas pesquisas e metodologias tenham sido desenvolvidas ao longo dos últimos anos, o conhecimento acerca dos impactos econômicos sofridos pelos consumidores em função das perturbações ocorridas no sistema de fornecimento é ainda incipiente e merece ser estudado de maneira mais intensiva, visto que

muito pouca informação encontra-se disponível sobre o assunto. Ressalte-se ainda que a grande maioria dos estudos realizados aborda apenas os prejuízos causados por interrupções sustentadas, sem levar em consideração interrupções momentâneas ou temporárias e outros fenômenos relacionados às imperfeições no fornecimento, os quais causam, da mesma maneira, impactos negativos aos consumidores e por isso não devem ser desprezados.

Assim, o desenvolvimento e aplicação de pesquisas deve ser fortemente incentivado pois é de fundamental importância para que se possa conhecer o impacto causado pelos distúrbios e proporcionar a execução de medidas capazes de mitigar estes impactos e contribuir para o aumento da confiabilidade do sistema até um nível economicamente viável, onde os custos sofridos pelos consumidores somado aos custos necessários para melhorias do sistema sejam os mínimos possíveis.

### **4.3 Sugestões para Trabalhos Futuros**

A verificação da qualidade e da aplicabilidade da metodologia proposta deve ser realizada por meio de uma pesquisa de campo onde os resultados práticos irão sinalizar a necessidade de melhorias e aperfeiçoamentos no método aqui desenvolvido. Todavia, é preciso antes de tudo, realizar uma pré-pesquisa com alguns consumidores, de modo a adequar o instrumento de coleta de dados às necessidades de cada área a ser estudada.

Após a conclusão da pesquisa de campo é de fundamental importância a utilização de métodos estatísticos para transformação dos dados obtidos por meio dos questionários em informações que possibilitem a correta estimação dos prejuízos sofridos pelos consumidores pesquisados e conseqüentemente, a aplicação dos objetivos propostos.

A realização de diversas outras pesquisas junto aos consumidores é também de grande importância para o aperfeiçoamento das metodologias empregadas e para a conscientização do consumidor quanto à necessidade de conhecer a influência da qualidade da energia elétrica suprida às suas instalações. Existem ainda muitos outros aspectos a serem explorados através de novos desenvolvimentos, dentre os quais:

- Análise de outros setores, como setor público e rural;
- Aperfeiçoamento e desenvolvimento de metodologias mais eficazes para determinação dos custos decorrentes de outros problemas de qualidade de energia além das interrupções;

- A utilização de outros métodos de estimação dos custos, como por exemplo, métodos analíticos para os consumidores residenciais devem ser investigados para a posterior comparação entre os resultados obtidos através de diferentes metodologias;
- Definição e cálculo dos custos indiretos e análise da sua relação com os custos diretos;
- Aperfeiçoamento do método de disposição a pagar;
- Realização de estudos para verificação de como utilizar os custos obtidos, no planejamento da expansão e na análise da confiabilidade de sistemas de distribuição;
- Desenvolvimento de um modelo computacional, com base nos resultados das pesquisas, para fundamentar a estimação detalhada do custo em cada ramo de atividade específico e agrupamento por classe, realizar o corte de carga baseado nos custos do não suprimento e alocação ótima de dispositivos de chaveamento levando em consideração o custo dos distúrbios;
- Utilização dos resultados para identificação de consumidores sensíveis e poluidores do sistema e com isso elaborar um mapa da região estudada com vistas a quantificar a qualidade do fornecimento de energia;
- Utilização dos resultados em estudos relacionados à manutenção de componentes da rede elétrica que venham a provocar interrupções ou aumentem o risco de ocorrência;
- Desenvolvimento de funções de custo e novos índices econômicos a partir dos resultados obtidos nas pesquisas.

Por fim, espera-se que o presente trabalho contribua para o estudo de um tema atual e de grande relevância e que o mesmo possa ser utilizado por outros pesquisadores, consumidores ou instituições interessados no assunto.

# Anexo A

---

## A. Questionários Desenvolvidos

### A.1. Consumidores Industriais

#### Dados Gerais:

1. Nome da Indústria:

2. Endereço:

3. Telefone para contato:

4. Atividade econômica desenvolvida pela Indústria (código CNAE):

5. Tensão nominal de fornecimento (kV):

6. Consumo anual de energia elétrica (MWh):

7. Demanda contratada (kW):

8. Demanda máxima de potência (kW):

9. Valor anual da fatura de energia elétrica (R\$):

10. Nomes, cargos e área ou setor dos entrevistados:

--

11. Qual o seu tempo de trabalho nesta área da empresa?

Em caso de mais de um entrevistado responder a pergunta para cada um deles

--

12. Qual a sua escolaridade?

Em caso de mais de um entrevistado responder a pergunta para cada um deles

- ☐ Ensino fundamental incompleto
- ☐ Ensino fundamental completo
- ☐ Ensino médio incompleto
- ☐ Ensino médio completo
- ☐ Superior incompleto
- ☐ Superior completo
- ☐ Superior com especialização
- ☐ Superior com mestrado ou doutorado

### Dados de Produção:

1. Custos totais de produção anual (R\$):

--

2. Qual a receita anual líquida de sua empresa?

--

3. Qual o número de horas trabalhadas de produção por período?

Marque o número de horas trabalhadas em cada intervalo

	Manhã (6 - 12 h)	Tarde (12 - 18 h)	Noite (18 - 24 h)	Madrugada (0 - 6 h)
De segunda a sexta				
Sábado				
Domingo e feriados				

4. Número de funcionários que trabalham em tempo integral na empresa:

Incluir funcionários que trabalham em diversos turnos

--

5. Número de funcionários que trabalham em tempo parcial ou meio período na empresa:

--

6. Existe possibilidade de recuperação de parte da produção perdida através de horas extras?

☐ Sim  
☐ Não

7. Qual o valor médio do custo da mão de obra horária durante horas extras e o valor correspondente as horas normais de trabalho?

= salário médio por hora normal de trabalho

= salário médio por hora extra de trabalho

8. Tempo máximo admissível (em segundos) de uma interrupção que não cause qualquer prejuízo à indústria (a partir de qual momento a interrupção no fornecimento de energia representa custos diretos para a indústria):

9. Como você definiria a qualidade do fornecimento de energia elétrica a sua indústria (considerando o número de interrupções sofridas, a duração média das interrupções e as informações e serviços prestados pela concessionária de distribuição)?

☐ Ótima  
☐ Boa  
☐ Regular  
☐ Ruim  
☐ Péssima

10. Qual a finalidade de utilização da energia elétrica na empresa e com que intensidade ela é consumida?

Finalidade de utilização	Intensidade de consumo			
	Não consome	Pouco consumo	Consumo moderado	Consumo elevado
Iluminação				
Ventilação				
Ar condicionado				
Refrigeração de produtos				
Produção de vapor				
Aquecimento de água				
Tratamento térmico				
Fornos				
Força para produção				
Telecomunicação				
Equipamentos de escritório				
Computadores				
Outro:				

11. Uma melhora na qualidade de fornecimento de energia elétrica resultaria em aumento de produtividade (ou em outro benefício)?

- ☐ Sim  
☐ Não  
☐ Não soube responder

Vá para a questão 17

12. Quanto a sua empresa se beneficiaria se a concessionária de energia elétrica investisse mais no sistema para fornecer uma energia de melhor qualidade, com quase total ausência de interrupções ou de variações?

- ☐ Não teria benefício algum  
☐ Teria poucos benefícios  
☐ Teria alguns benefícios  
☐ Teria muitos benefícios  
☐ Não soube responder

Vá para a questão 17

13. A sua empresa estaria disposta a pagar um percentual a mais no valor da fatura para que a concessionária investisse mais no sistema de modo a evitar ocorrência de interrupções de **1 segundo** de duração?

- ☐ Sim, estaria disposta a pagar um valor de tarifa até \_\_\_\_\_ % superior à atual.  
☐ Não

14. A sua empresa estaria disposta a pagar um percentual a mais no valor da fatura para que a concessionária investisse mais no sistema de modo a evitar ocorrência de interrupções de **1 minuto** de duração?

- ☐ Sim, estaria disposta a pagar um valor de tarifa até \_\_\_\_\_ % superior à atual.  
☐ Não

15. A sua empresa estaria disposta a pagar um percentual a mais no valor da fatura para que a concessionária investisse mais no sistema de modo a evitar ocorrência de interrupções de **1 hora** de duração?

- ☐ Sim, estaria disposta a pagar um valor de tarifa até \_\_\_\_\_ % superior à atual.  
☐ Não

Fazer a pergunta seguinte somente se a resposta foi negativa para as três perguntas anteriores:

16. Porque a sua empresa não estaria disposta a pagar nada para eliminar a falta de energia?

- ☐ Não nos importamos com essas interrupções pois a quantidade não é alta e não chega a nos prejudicar  
☐ O valor da fatura já é alto  
☐ Este custo é de responsabilidade exclusiva da concessionária de distribuição  
☐ Outro motivo: \_\_\_\_\_



17. Na sua opinião, qual é a principal causa dos distúrbios relacionados à qualidade de energia? numerar por ordem de importância

- ☐ Consumidores adjacentes
- ☐ Concessionária de distribuição
- ☐ Causas naturais
- ☐ Problemas gerados internamente
- ☐ Outras causas: \_\_\_\_\_

18. A sua empresa possui um ou mais geradores que poderiam ser utilizados caso o fornecimento de energia elétrica fosse interrompido?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Vá para a questão 23

19. Assinale o(s) item(ns) seguinte(s) que corresponde(m) a finalidade de utilização do gerador de emergência:

- ☐ Manutenção total da produção
- ☐ Manutenção parcial da produção
- ☐ Minimização de riscos e danos aos trabalhadores e instalações
- ☐ Redução de prejuízos provocados em perdas de estoque (matéria prima, produtos acabados)
- ☐ Segurança (iluminação de emergência, alarmes, etc)

20. Qual o custo fixo mensal (R\$/mês) com esses equipamentos de emergência?

21. Qual o custo por hora do combustível (R\$/h) necessário para operar esses geradores?

22. Qual foi o tempo estimado de funcionamento desses equipamentos para suprir a falta de energia durante os últimos 12 (doze) meses?

23. A sua empresa possui algum outro equipamento de emergência ou de proteção contra falta súbita de energia ou contra oscilações de tensão? (ex.: baterias, no-breaks)

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Não soube responder

Vá para a questão 26

Vá para a questão 26

24. Para que finalidade esses equipamentos são utilizados e qual o tempo de autonomia para a cobertura da falta de energia?

<b>Finalidade de utilização</b>	<b>Tempo de cobertura (em horas)</b>
Iluminação de emergência	
Operação de máquinas	
Operação de computadores	
Operação de telefonia	
Sistema de proteção	
Outro:	

25. Qual o custo fixo mensal (R\$/mês) com esses equipamentos de proteção?

26. Sua empresa possui equipamento indicador de descontinuidade ou flutuação de energia?

- ☐ Sim  
☐ Não  
☐ Não soube responder

27. A empresa registra manualmente a descontinuidade ou flutuação de energia?

- ☐ Sim  
☐ Não  
☐ Não soube responder

28. Qual o número de interrupções sofridas nos últimos 12 (doze) meses?

29. Indique a porcentagem das interrupções respondidas na pergunta anterior que ocorrem em cada um dos intervalos abaixo:

Menos de 1 segundo	
1 segundo até 60 segundos	
1 minuto até 3 minutos	
3 minutos até 5 minutos	
5 minutos até 1 hora	
1 hora até 4 horas	
4 horas ou mais	

**100%**

Para as três perguntas seguintes (30-32) enumere os itens com valores de 1 a 5 de acordo com o prejuízo sofrido, considerando nível 1 para um pequeno prejuízo e nível 5 para o maior prejuízo possível:

30. Indique o nível de prejuízo ocasionado por uma falta de energia elétrica para os períodos do dia mostrados abaixo:

- ☐ Pela manhã, das 6h00 às 9h00
- ☐ Pela manhã, das 9h00 às 12h00
- ☐ À tarde, das 12h00 às 15h00
- ☐ À tarde, das 15h00 às 18h00
- ☐ À noite das, 18h00 às 21h00
- ☐ À noite das, 21h00 às 24h00
- ☐ De madrugada, das 00h00 às 6h00
- ☐ Em qualquer período do dia; é indiferente

31. Indique o nível de prejuízo ocasionado por uma falta de energia elétrica para os dias da semana:

- ☐ Segunda-feira
- ☐ Terça-feira
- ☐ Quarta-feira
- ☐ Quinta-feira
- ☐ Sexta-feira
- ☐ Sábado
- ☐ Domingo
- ☐ Em qualquer dia; é indiferente

32. Indique o nível de prejuízo ocasionado por uma falta de energia elétrica para os meses do ano:

- ☐ Janeiro
- ☐ Fevereiro
- ☐ Março
- ☐ Abril
- ☐ Maio
- ☐ Junho
- ☐ Julho
- ☐ Agosto
- ☐ Setembro
- ☐ Outubro
- ☐ Novembro
- ☐ Dezembro

33. Na ocorrência de interrupções, qual o tipo de prejuízo que a sua empresa tem, e em que intensidade?

Tipo de prejuízo	Intensidade do prejuízo				
	Nenhuma	Pouca	Alguma	Muita	Total
Perda de produção					
Retomada de produção					
Perda de matéria prima					
Perda de produto em processo					
Perda de produto acabado					
Atraso nas entregas					
Gastos com horas-extras					
Gastos com gerador de energia					
Danos em equipamentos					
Outro:					

Para preenchimento das questões a seguir admita que distúrbios inesperados com durações iguais as indicadas ocorram no momento em que os prejuízos por tais distúrbios sejam **MÁXIMOS**.

34. Qual o custo da **Produção Perdida**, o custo da **Retomada ou Reinício de Produção** e o respectivo **Tempo de Reinício** das atividades que a sua empresa teria em função das durações das interrupções consideradas abaixo?

Duração da Interrupção	Produção Perdida (R\$)	Reinício de Produção (R\$)	Tempo de Reinício (s)
1 segundo			
1 minuto			
20 minutos			
1 hora			
4 horas			
8 horas			

35. Qual seria o gasto aproximado com o pagamento de **Horas-Extras** para compensar períodos interrompidos em função das durações dos distúrbios abaixo?

Duração da Interrupção	Custo de Horas-Extras
1 segundo	
1 minuto	
20 minutos	
1 hora	
4 horas	
8 horas	

36. Qual seria a despesa que a sua empresa teria com pessoal (operadores ou técnicos e máquinas) para realimentar as informações ou dados perdidos armazenados eletronicamente em computadores e/ou máquinas programáveis?

Duração da Interrupção	Custo de Perdas de Informação
1 hora	
4 horas	
8 horas	

37. Quais tipos de **Matérias Primas**, **Produtos em Processo** ou **Produtos Acabados** estragariam, qual o tempo máximo que eles suportariam uma falta de energia elétrica e qual o prejuízo se esses tempos fossem ultrapassados?

Matéria Prima	Tempo máximo (horas)	Valor do prejuízo (R\$)

<b>Produto em Processo</b>	<b>Tempo máximo (horas)</b>	<b>Valor do prejuízo (R\$)</b>
<b>Produto Acabado</b>	<b>Tempo máximo (horas)</b>	<b>Valor do prejuízo (R\$)</b>

38. Quais equipamentos/peças seriam danificados, qual o tempo máximo que eles suportariam uma falta de energia elétrica e qual o prejuízo se esses tempos fossem ultrapassados?

<b>Equipamento danificado</b>	<b>Tempo máximo (horas)</b>	<b>Valor do prejuízo (R\$)</b>

39. Qual seria o prejuízo devido as **Vendas não Realizadas** em função da duração da interrupção?

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Custo de Vendas não Realizadas</b>
1 segundo	
1 minuto	
20 minutos	
1 hora	
4 horas	
8 horas	

40. Qual seria o prejuízo devido a **Outros Fatores** não citados anteriormente, em função da duração da interrupção?

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Custo de Outros Fatores</b>	<b>Descrição dos custos</b>
1 segundo		
1 minuto		
20 minutos		
1 hora		
4 horas		
8 horas		

41. Caso ocorresse uma falta de energia elétrica por uma hora, fora do horário normal de funcionamento, que tipo de prejuízo sua empresa teria e em que intensidade?

Tipo de prejuízo	Intensidade do prejuízo				
	Nenhuma	Pouca	Alguma	Muita	Total
Perda de matéria prima					
Perda de produto acabado					
Gastos com geração própria					
Danos em equipamentos					
Outro:					

42. Caso a sua empresa fosse avisada com antecedência de que iria ocorrer um corte de energia programado durante uma hora, qual a intensidade de redução dos prejuízos que a sua empresa poderia ter, se a comunicação prévia do evento fosse dada com antecedência de:

Comunicação prévia	Intensidade de redução do prejuízo				
	Nenhuma	Pouca	Alguma	Muita	Total
1 hora					
6 horas					
12 horas					
24 horas					
48 horas					

43. Para o tipo da sua empresa, em termos da falta de energia em uma semana normal de produção...

	Muito melhor	Melhor	Indiferente	Pior	Muito pior	
1 interrupção de 3 min é						que 3 interrupções de 1 min
1 interrupção de 15 min é						que 5 interrupções de 3 min
1 interrupção de 30 min é						que 2 interrupções de 15 min

Além das interrupções, existe uma variedade de outros distúrbios relacionados ao fornecimento de energia que podem afetar a unidade consumidora. Dentre estes distúrbios podemos citar as flutuações de tensão, variações de tensão de curta e longa duração, harmônicas, desequilíbrio de tensão, problemas de aterramento, dentre outros. Nas questões seguintes, todos estes problemas serão chamados de distúrbios relacionados à qualidade de energia.

44. Aproximadamente, qual o número de distúrbios sofridos por sua organização durante um ano normal de produção?

- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Nenhum     | <input type="checkbox"/> De 30 a 39  |
| <input type="checkbox"/> De 1 a 4   | <input type="checkbox"/> De 40 a 49  |
| <input type="checkbox"/> De 5 a 9   | <input type="checkbox"/> De 50 a 99  |
| <input type="checkbox"/> De 10 a 19 | <input type="checkbox"/> 100 ou mais |
| <input type="checkbox"/> De 20 a 29 |                                      |

45. O que acontece normalmente em sua empresa quando estes distúrbios ocorrem?

Múltipla escolha

- ☐ Variação da luminosidade das lâmpadas
- ☐ Fechamento de disjuntores
- ☐ Perda de dados, reinicialização e desligamento de computadores
- ☐ Falhas em processos automatizados
- ☐ Interferência em rádios, sistemas de som e imagem
- ☐ Inicialização e desligamento de motores ou equipamentos de outros processos
- ☐ Variações inesperadas na velocidade dos motores ou equipamentos de outros processos
- ☐ Motores ou outros equipamentos danificados
- ☐ Computadores ou outros equipamentos eletrônicos danificados
- ☐ Outros efeitos: \_\_\_\_\_
- ☐ Nenhum dos mencionados acima

46. Os processos e atividades de sua empresa são afetados (diminuem ou param) quando ocorrem distúrbios relacionados ao fornecimento? Em caso afirmativo, geralmente por quanto tempo estas atividades são afetadas (diminuição ou parada nos processos) quando estes distúrbios ocorrem?

- ☐ Sim, as atividades são geralmente afetadas por  segundos.
- ☐ Não

47. Aproximadamente, qual o prejuízo anual estimado (R\$) para a sua empresa em decorrência destes eventos?

Na estimação deste valor não inclua os prejuízos com interrupções, mesmo que estas tenham duração de 1 segundo ou menos.

## A.2. Consumidores Comerciais

### Dados Gerais:

1. Nome da empresa:

2. Endereço:

3. Telefone para contato:

4. Atividade econômica desenvolvida (código CNAE):

5. Tensão nominal de fornecimento (kV):

6. Consumo anual de energia elétrica (MWh):

7. Demanda máxima de potência (kW):

8. Valor anual da fatura de energia elétrica (R\$):

9. Nomes, cargos e área ou setor dos entrevistados:

10. Qual o seu tempo de trabalho nesta área da empresa?

Em caso de mais de um entrevistado responder a pergunta para cada um deles



## 11. Qual a sua escolaridade?

Em caso de mais de um entrevistado responder a pergunta para cada um deles

- ☐ Ensino fundamental incompleto  
☐ Ensino fundamental completo  
☐ Ensino médio incompleto  
☐ Ensino médio completo  
☐ Superior incompleto  
☐ Superior completo  
☐ Superior com especialização  
☐ Superior com mestrado ou doutorado

**Dados de Produção:**

1. Custos totais de produção/serviços prestados por ano (R\$):

2. Qual a receita anual líquida de sua empresa?

3. Qual o número de horas trabalhadas de produção por período?

Marque o número de horas trabalhadas em cada intervalo

	<b>Manhã (6 - 12 h)</b>	<b>Tarde (12 - 18 h)</b>	<b>Noite (18 - 24 h)</b>	<b>Madrugada (0 - 6 h)</b>
De segunda a sexta				
Sábado				
Domingo e feriados				

4. Número de funcionários que trabalham em tempo integral na empresa:

Incluir funcionários que trabalham em diversos turnos

5. Número de funcionários que trabalham em tempo parcial ou meio período na empresa:

6. Existe possibilidade de recuperação de parte da produção perdida através de horas extras?

- ☐ Sim  
☐ Não

7. Qual o valor médio do custo da mão de obra horária durante horas extras e o valor correspondente as horas normais de trabalho?

= salário médio por hora normal de trabalho

= salário médio por hora extra de trabalho

8. Tempo máximo admissível (em segundos) de uma interrupção que não cause qualquer prejuízo à indústria (a partir de qual momento a interrupção no fornecimento de energia representa custos diretos para a indústria):

9. Como você definiria a qualidade do fornecimento de energia elétrica a sua indústria (considerando o número de interrupções sofridas, a duração média das interrupções e as informações e serviços prestados pela concessionária de distribuição)?

☐ Ótima  
☐ Boa  
☐ Regular

☐ Ruim  
☐ Péssima

10. Qual a finalidade de utilização da energia elétrica na empresa e com que intensidade ela é consumida?

Finalidade de utilização	Intensidade de consumo			
	Não consome	Pouco consumo	Consumo moderado	Consumo elevado
Iluminação				
Ventilação				
Ar condicionado				
Refrigeração de produtos				
Aquecimento de água				
Telecomunicação				
Equipamentos de escritório				
Computadores				
Outro: _____				

11. Uma melhora na qualidade de fornecimento de energia elétrica resultaria em aumento de produtividade (ou em outro benefício)?

☐ Sim  
☐ Não  
☐ Não soube responder

Vá para a questão 17

12. Quanto a sua empresa se beneficiaria se a concessionária de energia elétrica investisse mais no sistema para fornecer uma energia de melhor qualidade, com quase total ausência de interrupções ou de variações?

- ☐ Não teria benefício algum
- ☐ Teria poucos benefícios
- ☐ Teria alguns benefícios
- ☐ Teria muitos benefícios
- ☐ Não soube responder

Vá para a questão 17

13. A sua empresa estaria disposta a pagar um percentual a mais no valor da fatura para que a concessionária investisse mais no sistema de modo a evitar ocorrência de interrupções de **1 segundo** de duração?

- ☐ Sim, estaria disposta a pagar um valor de tarifa até \_\_\_\_\_ % superior à atual.
- ☐ Não

14. A sua empresa estaria disposta a pagar um percentual a mais no valor da fatura para que a concessionária investisse mais no sistema de modo a evitar ocorrência de interrupções de **1 minuto** de duração?

- ☐ Sim, estaria disposta a pagar um valor de tarifa até \_\_\_\_\_ % superior à atual.
- ☐ Não

15. A sua empresa estaria disposta a pagar um percentual a mais no valor da fatura para que a concessionária investisse mais no sistema de modo a evitar ocorrência de interrupções de **1 hora** de duração?

- ☐ Sim, estaria disposta a pagar um valor de tarifa até \_\_\_\_\_ % superior à atual.
- ☐ Não

Fazer a pergunta seguinte somente se a resposta foi negativa para as três perguntas anteriores:

16. Porque a sua empresa não estaria disposta a pagar nada para eliminar a falta de energia?

- ☐ Não nos importamos com essas interrupções pois a quantidade não é alta e não chega a nos prejudicar
- ☐ O valor da fatura já é alto
- ☐ Este custo é de responsabilidade exclusiva da concessionária de distribuição
- ☐ Outro motivo: \_\_\_\_\_

17. Na sua opinião, qual é a principal causa dos distúrbios relacionados à qualidade de energia? numerar por ordem de importância

- ☐ Consumidores adjacentes
- ☐ Concessionária de distribuição
- ☐ Causas naturais
- ☐ Problemas gerados internamente
- ☐ Outras causas: \_\_\_\_\_

18. A sua empresa possui um ou mais geradores que poderiam ser utilizados caso o fornecimento de energia elétrica fosse interrompido?

- ☐ Sim  
☐ Não

Vá para a questão 23

19. Assinale o(s) item(ns) seguinte(s) que corresponde(m) a finalidade de utilização do gerador de emergência:

- ☐ Manutenção total da produção  
☐ Manutenção parcial da produção  
☐ Minimização de riscos e danos aos trabalhadores e instalações  
☐ Redução de prejuízos provocados em perdas de estoque (matéria prima, produtos acabados)  
☐ Segurança (iluminação de emergência, alarmes, etc)

20. Qual o custo fixo mensal (R\$/mês) com esses equipamentos de emergência?

21. Qual o custo por hora do combustível (R\$/h) necessário para operar esses geradores?

22. Qual foi o tempo estimado de funcionamento desses equipamentos para suprir a falta de energia durante os últimos 12 (doze) meses?

23. A sua empresa possui algum outro equipamento de emergência ou de proteção contra falta súbita de energia ou contra oscilações de tensão? (ex.: baterias, no-breaks)

- ☐ Sim  
☐ Não  
☐ Não soube responder

Vá para a questão 26

Vá para a questão 26

24. Para que finalidade esses equipamentos são utilizados e qual o tempo de autonomia para a cobertura da falta de energia?

Finalidade de utilização	Tempo de cobertura (em horas)
Iluminação de emergência	
Operação de máquinas	
Operação de computadores	
Operação de telefonia	
Sistema de proteção	
Outro:	

25. Qual o custo fixo mensal (R\$/mês) com esses equipamentos de proteção?

26. Sua empresa possui equipamento indicador de descontinuidade ou flutuação de energia?

- ☐ Sim  
☐ Não  
☐ Não soube responder

27. A empresa registra manualmente a descontinuidade ou flutuação de energia?

- ☐ Sim  
☐ Não  
☐ Não soube responder

28. Qual o número de interrupções sofridas nos últimos 12 (doze) meses?

29. Indique a porcentagem das interrupções respondidas na pergunta anterior que ocorrem em cada um dos intervalos abaixo:

Menos de 1 segundo	
1 segundo até 60 segundos	
1 minuto até 3 minutos	
3 minutos até 5 minutos	
5 minutos até 1 hora	
1 hora até 4 horas	
4 horas ou mais	

**100%**

Para as três perguntas seguintes (30-32) enumere os itens com valores de 1 a 5 de acordo com o prejuízo sofrido, considerando nível 1 para um pequeno prejuízo e nível 5 para o maior prejuízo possível:

30. Indique o nível de prejuízo ocasionado por uma falta de energia elétrica para os períodos do dia mostrados abaixo:

- ☐ Pela manhã, das 6h00 às 9h00  
☐ Pela manhã, das 9h00 às 12h00  
☐ À tarde, das 12h00 às 15h00  
☐ À tarde, das 15h00 às 18h00  
☐ À noite das, 18h00 às 21h00  
☐ À noite das, 21h00 às 24h00  
☐ De madrugada, das 00h00 às 6h00  
☐ Em qualquer período do dia; é indiferente

31. Indique o nível de prejuízo ocasionado por uma falta de energia elétrica para os dias da semana:

- ☐ Segunda-feira  
☐ Terça-feira  
☐ Quarta- feira  
☐ Quinta-feira

- ☐ Sexta-feira  
☐ Sábado  
☐ Domingo  
☐ Em qualquer dia; é indiferente

32. Indique o nível de prejuízo ocasionado por uma falta de energia elétrica para os meses do ano:

- ☐ Janeiro  
☐ Fevereiro  
☐ Março  
☐ Abril  
☐ Maio  
☐ Junho

- ☐ Julho  
☐ Agosto  
☐ Setembro  
☐ Outubro  
☐ Novembro  
☐ Dezembro

33. Na ocorrência de interrupções, qual o tipo de prejuízo que a sua empresa tem, e em que intensidade?

Tipo de prejuízo	Intensidade do prejuízo				
	Nenhuma	Pouca	Alguma	Muita	Total
Perda de produção					
Retomada de produção					
Perda de matéria prima					
Perda de produto em processo					
Perda de produto acabado					
Atraso nas entregas					
Gastos com horas-extras					
Gastos com gerador de energia					
Danos em equipamentos					
Outro:					

Para preenchimento das questões a seguir admita que distúrbios inesperados com durações iguais as indicadas ocorram no momento em que os prejuízos por tais distúrbios sejam **MÁXIMOS**.

34. Qual o custo da **Produção Perdida** que a sua empresa teria em função das durações das interrupções consideradas abaixo?

Duração da Interrupção	Produção Perdida (R\$)
1 segundo	
1 minuto	
20 minutos	
1 hora	
4 horas	
8 horas	

35. Qual seria o gasto aproximado com o pagamento de **Horas-Extras** para compensar períodos interrompidos em função das durações dos distúrbios abaixo?

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Custo de Horas-Extras</b>
1 segundo	
1 minuto	
20 minutos	
1 hora	
4 horas	
8 horas	

36. Qual seria a despesa que a sua empresa teria com pessoal (operadores ou técnicos e máquinas) para realimentar as informações ou dados perdidos armazenados eletronicamente em computadores e/ou máquinas programáveis?

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Custo de Perdas de Informação</b>
1 hora	
4 horas	
8 horas	

37. Quais tipos de **Matérias Primas**, **Produtos em Processo** ou **Produtos Acabados** estragariam, qual o tempo máximo que eles suportariam uma falta de energia elétrica e qual o prejuízo se esses tempos fossem ultrapassados?

<b>Matéria Prima</b>	<b>Tempo máximo (horas)</b>	<b>Valor do prejuízo (R\$)</b>
<b>Produto em Processo</b>	<b>Tempo máximo (horas)</b>	<b>Valor do prejuízo (R\$)</b>
<b>Produto Acabado</b>	<b>Tempo máximo (horas)</b>	<b>Valor do prejuízo (R\$)</b>

38. Quais equipamentos/peças seriam danificados, qual o tempo máximo que eles suportariam uma falta de energia elétrica e qual o prejuízo se esses tempos fossem ultrapassados?

<b>Equipamento danificado</b>	<b>Tempo máximo (horas)</b>	<b>Valor do prejuízo (R\$)</b>

39. Qual seria o prejuízo devido as **Vendas não Realizadas** em função da duração da interrupção?

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Custo de Vendas não Realizadas</b>
1 segundo	
1 minuto	
20 minutos	
1 hora	
4 horas	
8 horas	

40. Qual seria o prejuízo devido a **Outros Fatores** não citados anteriormente, em função da duração da interrupção?

<b>Duração da Interrupção</b>	<b>Custo de Outros Fatores</b>	<b>Descrição dos custos</b>
1 segundo		
1 minuto		
20 minutos		
1 hora		
4 horas		
8 horas		

41. Caso ocorresse uma falta de energia elétrica por uma hora, fora do horário normal de funcionamento, que tipo de prejuízo sua empresa teria e em que intensidade?

<b>Tipo de prejuízo</b>	<b>Intensidade do prejuízo</b>				
	<b>Nenhuma</b>	<b>Pouca</b>	<b>Alguma</b>	<b>Muita</b>	<b>Total</b>
Perda de matéria prima					
Perda de produto acabado					
Gastos com geração própria					
Danos em equipamentos					
Outro: _____					



42. Caso a sua empresa fosse avisada com antecedência de que iria ocorrer um corte de energia programado durante uma hora, qual a intensidade de redução dos prejuízos que a sua empresa poderia ter, se a comunicação prévia do evento fosse dada com antecedência de:

Comunicação prévia	Intensidade de redução do prejuízo				
	Nenhuma	Pouca	Alguma	Muita	Total
1 hora					
6 horas					
12 horas					
24 horas					
48 horas					

43. Para o tipo da sua empresa, em termos da falta de energia em uma semana normal de produção...

	Muito melhor	Melhor	Indiferente	Pior	Muito pior	
1 interrupção de 3 min é						que 3 interrupções de 1 min
1 interrupção de 15 min é						que 5 interrupções de 3 min
1 interrupção de 30 min é						que 2 interrupções de 15 min

Além das interrupções, existe uma variedade de outros distúrbios relacionados ao fornecimento de energia que podem afetar a unidade consumidora. Dentre estes distúrbios podemos citar as flutuações de tensão, variações de tensão de curta e longa duração, harmônicas, desequilíbrio de tensão, problemas de aterramento, dentre outros. Nas questões seguintes, todos estes problemas serão chamados de distúrbios relacionados à qualidade de energia.

44. Aproximadamente, qual o número de distúrbios sofridos por sua organização durante um ano normal de produção?

- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Nenhum     | <input type="checkbox"/> De 30 a 39  |
| <input type="checkbox"/> De 1 a 4   | <input type="checkbox"/> De 40 a 49  |
| <input type="checkbox"/> De 5 a 9   | <input type="checkbox"/> De 50 a 99  |
| <input type="checkbox"/> De 10 a 19 | <input type="checkbox"/> 100 ou mais |
| <input type="checkbox"/> De 20 a 29 |                                      |

45. O que acontece normalmente em sua empresa quando estes distúrbios ocorrem?

Múltipla escolha

- ☐ Variação da luminosidade das lâmpadas
- ☐ Fechamento de disjuntores
- ☐ Perda de dados, reinicialização e desligamento de computadores

- ☐ Falhas em processos automatizados
- ☐ Interferência em rádios, sistemas de som e imagem
- ☐ Inicialização e desligamento de motores ou equipamentos de outros processos
- ☐ Variações inesperadas na velocidade dos motores ou equipamentos de outros processos
- ☐ Motores ou outros equipamentos danificados
- ☐ Computadores ou outros equipamentos eletrônicos danificados
- ☐ Outros efeitos: \_\_\_\_\_
- ☐ Nenhum dos mencionados acima

46. Os processos e atividades de sua empresa são afetados (diminuem ou param) quando ocorrem distúrbios relacionados ao fornecimento? Em caso afirmativo, geralmente por quanto tempo estas atividades são afetadas (diminuição ou parada nos processos) quando estes distúrbios ocorrem?

☐ Sim, as atividades são geralmente afetadas por  segundos.

☐ Não

47. Aproximadamente, qual o prejuízo anual estimado (R\$) para a sua empresa em decorrência destes eventos?

Na estimação deste valor não inclua os prejuízos com interrupções, mesmo que estas tenham duração de 1 segundo ou menos.

### A.3. Consumidores Residenciais

#### Dados Gerais:

1. Endereço:

2. Nome do entrevistado:

3. Telefone para contato:

4. Qual a sua escolaridade?

- ☐ Analfabeto
- ☐ Ensino fundamental incompleto
- ☐ Ensino fundamental completo
- ☐ Ensino médio incompleto
- ☐ Ensino médio completo
- ☐ Superior incompleto
- ☐ Superior completo
- ☐ Superior com especialização
- ☐ Superior com mestrado ou doutorado

Agradecer e encerrar a entrevista

5. Quantas pessoas moram na residência?

Com 18 anos ou mais:

Até 18 anos:

6. Quantas pessoas trabalham fora?

7. Qual a renda total mensal líquida da família?

- ☐ Menos de R\$ 380
- ☐ De R\$ 381 a R\$ 760
- ☐ De R\$ 761 a R\$ 1520
- ☐ De R\$ 1521 a R\$ 3800
- ☐ Mais de R\$ 3800

8. Qual o consumo médio mensal de energia elétrica (kWh)?

9. Qual é a área construída da residência em m<sup>2</sup>?

**Dados sobre os custos:**

1. Qual o tempo máximo admissível (em minutos) de uma interrupção que não afete as atividades domésticas e não cause qualquer prejuízo ou desconforto a residência (a partir de qual momento a interrupção no fornecimento de energia representa custos diretos para a residência)?

2. Qual a finalidade de utilização da energia elétrica em seu domicílio e com que intensidade ela é consumida?

Finalidade de utilização	Intensidade de consumo			
	Não consome	Pouco consumo	Consumo moderado	Consumo elevado
Iluminação				
Ventilação				
Ar condicionado				
Refrigeração de produtos				
Aquecimento de água				
Atividades domésticas				
Telefones				
Lazer (televisão, rádio)				
Chuveiro elétrico				
Computadores				
Forno elétrico ou microondas				
Outro:				

3. Nesta residência é exercida alguma atividade geradora de renda e dependente da energia elétrica?

- ☐ Sim  
☐ Não

Vá para a questão 6

4. Esta(s) atividade(s) requer(em) o uso de algum equipamento elétrico ou eletrônico?

- ☐ Somente iluminação  
☐ Computador e/ou Impressora  
☐ Fax  
☐ Forno elétrico ou microondas  
☐ Geladeira  
☐ Freezer  
☐ Máquina de costura  
☐ Ferro elétrico

- ☐ Máquina de lavar e/ou secar roupa  
☐ Ferramentas elétricas (furadeira, serra, etc.)  
☐ Outro: \_\_\_\_\_

5. Qual seria o prejuízo estimado com esta atividade que a sua residência teria em função das durações das interrupções consideradas abaixo?

Duração da Interrupção	Prejuízo (R\$)
1 hora	
2 horas	
4 horas	
8 horas	
16 horas	
24 horas	

6. Como você definiria a qualidade do fornecimento de energia elétrica a sua residência (considerando o número de interrupções sofridas, a duração média das interrupções e as informações e serviços prestados pela concessionária de distribuição)?

- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Ótima   | <input type="checkbox"/> Ruim    |
| <input type="checkbox"/> Boa     | <input type="checkbox"/> Péssima |
| <input type="checkbox"/> Regular |                                  |

7. Como você avalia o preço da energia elétrica?

- |   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Muito barato         | <input type="checkbox"/> Caro       |
| <input type="checkbox"/> Barato               | <input type="checkbox"/> Muito caro |
| <input type="checkbox"/> Nem barato, nem caro |                                     |

8. Quanto a sua residência se beneficiaria se a concessionária de energia elétrica investisse mais no sistema para fornecer uma energia de melhor qualidade, com quase total ausência de interrupções ou de variações?

- ☐ Não teria benefício algum  
☐ Teria poucos benefícios  
☐ Teria alguns benefícios  
☐ Teria muitos benefícios  
☐ Não soube responder

Vá para a questão 12

9. O Sr.(a) estaria disposto a pagar um percentual a mais no valor da fatura para que a concessionária investisse mais no sistema de modo a evitar a ocorrência de interrupções de **1 hora** de duração?

- ☐ Sim, estaria disposto a pagar um valor de tarifa até \_\_\_\_\_ % superior à atual.  
☐ Não

10. O Sr.(a) estaria disposto a pagar um percentual a mais no valor da fatura para que a concessionária investisse mais no sistema de modo a evitar a ocorrência de interrupções de **2 horas** de duração?

- ☐ Sim, estaria disposto a pagar um valor de tarifa até \_\_\_\_\_ % superior à atual.  
☐ Não

Fazer a pergunta seguinte somente se a resposta foi negativa para as duas perguntas anteriores:

11. Porque o Sr.(a) não estaria disposto a pagar nada para eliminar a falta de energia?

- ☐ Não me importo com essas interrupções pois a quantidade não é alta e não chega a prejudicar  
☐ O valor da fatura já é alto  
☐ Este custo é de responsabilidade exclusiva da concessionária de distribuição  
☐ Outro motivo: \_\_\_\_\_

12. Na sua opinião, qual é a principal causa dos distúrbios relacionados à qualidade de energia? numerar por ordem de importância

- ☐ Consumidores adjacentes  
☐ Concessionária de distribuição  
☐ Causas naturais  
☐ Problemas gerados internamente  
☐ Outras causas: \_\_\_\_\_

13. Existe algo em sua casa que possa ser utilizado para suprir a falta de energia elétrica?

- ☐ Velas  
☐ Lampião  
☐ Lanternas  
☐ No-break  
☐ Baterias  
☐ Gerador de energia elétrica (a óleo, a gasolina ou outros)  
☐ Outros: \_\_\_\_\_  
☐ Não possuo nenhum equipamento para tal finalidade

14. Qual seria o custo estimado para adquirir e operar estes equipamentos (exceto no-breaks, baterias e geradores) em função da ocorrência de interrupções com as seguintes durações?

Duração da Interrupção	Custo de Proteção (R\$)
1 hora	
2 horas	
4 horas	
8 horas	
16 horas	
24 horas	

15. Caso possua equipamentos como no-break, baterias ou gerador de emergência, preencha a tabela abaixo com as informações requisitadas: caso não possua vá p/ a questão 17

Equipamento	Custo fixo mensal (R\$/mês)	Custo variável (R\$/h)
No-breaks		-
Baterias		-
Geradores		

16. Qual foi o tempo estimado de funcionamento dos geradores de emergência para suprir a falta de energia durante os últimos 12 (doze) meses?

17. Qual o número de interrupções sofridas nos últimos 3 (três) meses?

18. Indique a porcentagem das interrupções respondidas na pergunta anterior que ocorrem em cada um dos intervalos abaixo:

Menos de 1 hora	
1 hora até 2 horas	
2 horas até 4 horas	
4 horas até 8 horas	
8 horas até 16 horas	
16 horas até 24 horas	
24 horas ou mais	

**100%**

Para as três perguntas seguintes (19-21) enumere os itens com valores de 1 a 5 de acordo com o prejuízo sofrido, considerando nível 1 para um pequeno prejuízo e nível 5 para o maior prejuízo possível:

19. Indique o nível de prejuízo ocasionado por uma falta de energia elétrica para os períodos do dia mostrados abaixo:

- ☐ Pela manhã, das 6h00 às 9h00  
☐ Pela manhã, das 9h00 às 12h00  
☐ À tarde, das 12h00 às 15h00  
☐ À tarde, das 15h00 às 18h00  
☐ À noite das, 18h00 às 21h00  
☐ À noite das, 21h00 às 24h00  
☐ De madrugada, das 00h00 às 6h00  
☐ Em qualquer período do dia; é indiferente

20. Indique o nível de prejuízo ocasionado por uma falta de energia elétrica para os dias da semana:

- ☐ Segunda-feira  
☐ Terça-feira  
☐ Quarta- feira  
☐ Quinta-feira  
☐ Sexta-feira  
☐ Sábado  
☐ Domingo  
☐ Em qualquer dia; é indiferente

21. Indique o nível de prejuízo ocasionado por uma falta de energia elétrica para os meses do ano:

- ☐ Janeiro  
☐ Fevereiro  
☐ Março  
☐ Abril  
☐ Maio  
☐ Junho

- ☐ Julho  
☐ Agosto  
☐ Setembro  
☐ Outubro  
☐ Novembro  
☐ Dezembro

22. Algum aparelho foi danificado pela interrupção de energia elétrica nos últimos 12 (doze) meses?

- ☐ Sim  
☐ Não  
☐ Não soube responder

Vá para a questão 24

Vá para a questão 24

23. Que tipo de aparelho ou equipamento foi danificado e qual foi o prejuízo?

Equipamento danificado	Valor do prejuízo (R\$)
Computador	
Impressora	
Televisão	
Telefone	
Rádio	
Geladeira	
Refrigerador	
Outro:	

Para preenchimento das questões a seguir admita que distúrbios inesperados com durações iguais as indicadas ocorram no momento em que os prejuízos por tais distúrbios sejam **MÁXIMOS**.

24. Qual seria a o prejuízo estimado em bens ou **Produtos Estocados Estragados ou Danificados** em função da duração da interrupção?

Duração da Interrupção	Prejuízo (R\$)
1 hora	
2 horas	
4 horas	
8 horas	
16 horas	
24 horas	

25. Caso a sua residência fosse avisada com antecedência de que iria ocorrer um corte de energia programado durante uma hora, qual a intensidade de redução dos prejuízos que a sua residência poderia ter, se a comunicação prévia do evento fosse dada com antecedência de:



Comunicação prévia	Intensidade de redução do prejuízo				
	Nenhuma	Pouca	Alguma	Muita	Total
1 hora					
6 horas					
12 horas					
24 horas					
48 horas					

26. Para a sua residência, em termos da falta de energia em uma semana comum...

	Muito melhor	Melhor	Indiferente	Pior	Muito pior	
1 interrupção de 3 min é						que 3 interrupções de 1 min
1 interrupção de 15 min é						que 5 interrupções de 3 min
1 interrupção de 30 min é						que 2 interrupções de 15 min

Além das interrupções, existe uma variedade de outros distúrbios relacionados ao fornecimento de energia que podem afetar a unidade consumidora. Dentre estes distúrbios podemos citar as flutuações de tensão, variações de tensão de curta e longa duração, harmônicas, desequilíbrio de tensão, problemas de aterramento, dentre outros. Nas questões seguintes, todos estes problemas serão chamados de distúrbios relacionados à qualidade de energia.

27. O Sr.(a) percebe, em sua residência, a ocorrência de alguns dos fenômenos mencionados abaixo?

Múltipla escolha

- ☐ Variação da luminosidade das lâmpadas (alternância de luz forte com luz fraca)  
☐ Fechamento de disjuntores  
☐ Perda de dados, reinicialização e desligamento de computadores  
☐ Interferência em rádios, sistemas de som e imagem  
☐ Desconfiguração de relógios digitais  
☐ Outros efeitos: \_\_\_\_\_  
☐ Não percebo nenhum dos efeitos mencionados acima

Encerre a entrevista.

28. As atividades realizadas em seu domicílio são afetadas quando ocorre(m) algum(ns) dos fenômenos mencionados acima?

- ☐ Sim  
☐ Não

Encerre a entrevista.

29. Aproximadamente, qual o prejuízo anual estimado (R\$) para a sua residência em decorrência destes eventos?

Na estimação deste valor não inclua os prejuízos com interrupções, mesmo que estas sejam de curta duração.

# Referências Bibliográficas

---

ALDABÓ, R. *Qualidade na Energia Elétrica*. São Paulo: Artliber, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). *ABRADEE – 19.42: Planejamento Elétrico - Quantificação Econômica de Insumos sobre os Custos da Interrupção e da Imperfeição da Tensão*, Rio de Janeiro, 2002.

ALVES, M. F. e FERNANDES, D. E. B. Development of an Automated Power Quality Management System. *IEEE Transmission and Distribution Conference*, v. 2, p. 579 – 584, Apr. 1999.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Resolução ANEEL nº 024, de 27 de janeiro de 2000*. Brasília, 2000.

\_\_\_\_\_. *Resolução ANEEL nº 456, de 29 de novembro de 2000*. Brasília, 2000.

\_\_\_\_\_. *Resolução ANEEL nº 505, de 26 de novembro de 2001*. Brasília, 2001.

\_\_\_\_\_. *Resolução Normativa nº 061, de 29 de abril de 2004*. Brasília, 2004.

\_\_\_\_\_. *Resolução Normativa nº 063, de 12 de maio de 2004*. Brasília, 2004.

\_\_\_\_\_. *Resolução Homologatória nº 413, de 19 de dezembro de 2006*. Brasília, 2006.

\_\_\_\_\_. *Índice Aneel de Satisfação do Consumidor - IASC*. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=189>. Acesso em: 07 Ago. 2007.

BILLINTON, R. Economic Cost of Non-supply. *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, v. 2, p. 959 – 962, Jan. 2002.

BILLINTON, R. e ALLAN, R. N. Customer interruption cost assessment and utilization. *Proceeding of IV Symposium on Electric Operational and Expansion Planning*. Salvador – Brazil, May 1998.

BILLINTON, R.; AWEYA, J. e WACKER, G. Value Based Reliability Evaluation of Electric Distribution Systems. *WESCANEX 93 - Communications, Computers and Power in the Modern Environment. Conference Proceedings, IEEE*, p. 107 – 114, May. 1993.

BILLINTON, R. e PANDEY, M. Reliability Worth Assessment in a Developing Country - Residential Survey Results. *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 14, n. 4, p. 1226 – 1231, Nov. 1999.

BILLINTON, R.; SALVADERI, L.; McCALLEY, J.; CHAO, H.; SEITZ, T.; ALLAN, R. *et al.* Reliability Issues In Today's Electric Power Utility Environment. *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 12, n. 4, Nov. 1997.

BILLINTON, R. e WENYUAN, L. *Reliability Assessment of Electrical Power Systems Using Monte Carlo Methods*. 1. ed. New York: Springer, 1994.

BOCCUZZI, C. V. Análise e Estabelecimento de Índices de Continuidade de Fornecimento para as Regiões da Área de Concessão da Eletropaulo. *II Seminário Interno de Distribuição de Energia Elétrica – Eletropaulo*, São Paulo, 1986, *apud* SHIGA, A. A. *Avaliação de Custos Decorrentes de Descargas Atmosféricas em Sistemas de Distribuição de Energia*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BOZIC, Z. Customer interruption cost calculation for reliability economics: practical considerations. *Proceedings PowerCon 2000 - International Conference on Power System Technology*, v. 2, p. 1095 -1100, Dec. 2000.

BRANCHER, D. L.; COELHO, J.; CRUZ, M. P.; CISLAGH, R.; GRAF, O. J. e CANDÉO, E. L. Custos de Interrupção de Fornecimento de Energia Elétrica em Consumidores Tipo A. *V Seminário Nacional de Controle e Automação*, Jun. 2007.

BRASIL. *Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1997*. Brasília, 1995.

BRASIL. *Decreto nº 2.335, de 06 de outubro de 1997*. Brasília, 1997.

BRITTO, P. A. Economia - ECO T2. *Curso de Formação Especialista em Regulação - ANEEL 2006*. Brasília, ESAF - Escola de Administração Fazendária, Nov. 2006.

CABRERA, F. C. *Avaliação do Desempenho de Sistemas de Distribuição*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

CAMARGO, C. C. B. *Gerenciamento pelo Lado da Demanda: Metodologia para Identificação do Potencial de Conservação de Energia Elétrica de Consumidores Residenciais*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

CAMARGO, P. T. *Custo Social da Energia Elétrica*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1989, *apud* SHIGA, A. A. *Avaliação de Custos Decorrentes de Descargas Atmosféricas em Sistemas de Distribuição de Energia*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CHOWDHURY, A. A. e KOVAL, D. O. Valued- Based System Facility Planning, A rational response to conflicting customer and regulator demands. *IEEE Power & Energy Magazine*, n. 1, p. 58 – 67, 2004.

CHOWDHURY, A. A.; MIELNIK, T.C.; LAWION, L.E.; SULLIVAN, M.J. e KATZ, A. Reliability worth assessment in electric power delivery systems. *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, v. 1, p. 654 – 660, Jun. 2004.

CIGRE. *Methods to Consider Customer Interruption Costs in Power System Analysis*. CIGRE Task Force 38.06.01, Final Report, Aug. 2000.

CIGRE. Methods to Consider Customer Interruption Costs in Power System Analysis - Task Force 38.06.01. *ELECTRA*, n. 197, p. 56 – 67, França, 2001.

COELHO, J. e CABRERA, F. C. Módulo 4: O Aspecto Econômico dos Custos da Energia Elétrica no Planejamento da Distribuição: Metodologia e Valores. *Relatório Interno Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica - LabPlan/EEL/UFSC*, Florianópolis, 2000.

COELHO, J.; CRUZ, M. P.; CISLAGHI, R.; e GRAF, O. Metodologia para Avaliação dos Custos Associados a Problemas de Qualidade de Energia em Consumidores de Grande Porte. *SBSE - Simpósio Brasileiro de Sistemas de Energia*, Campina Grande, Set. 2006.

COSTA, J. G. *Avaliação do Impacto Econômico do Afundamento de Tensão na Indústria*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

DUGAN, R. C.; McGRANAGHAN, M. F.; SANTOSO, S. e BEATY, H. W. *Electrical Power Systems Quality*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Informe à Imprensa: Mercado de energia elétrica – Maio de 2007*. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/PressReleases/20070723\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PressReleases/20070723_1.pdf). Acesso em: 30 Jul. 2007.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI). *The Cost of Power Disturbance to Industrial & Digital Economy Companies*, Palo Alto, 2001.

\_\_\_\_\_. *An Assessment of Distribution System Power Quality (Vol. 1-3)*, Palo Alto, 1996, *apud* ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI). *The Cost of Power Disturbance to Industrial & Digital Economy Companies*, Palo Alto, 2001.

FILHO, N. C e KOPITKE, B. H. *Análise de Investimentos*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

GATES, J.; WACKER, G. e BILLINTON, R. Development of Customer Survey Instruments for Reliability Worth Evaluation in Electric Power Systems. *WESCANEX 95 - Communications, Power and Computing. IEEE Conference Proceedings*, v. 1, May 1995.

GRUPO DE COORDENAÇÃO DA OPERAÇÃO INTERLIGADA (GCOI). *Metodologia para Avaliação do Custo de Interrupção*. Relatório GCOI/SCel/GTEE - ELETROBRÁS. Rio de Janeiro, Abr. 1987, *apud* CABRERA, F. C. *Avaliação do Desempenho de Sistemas de Distribuição*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

\_\_\_\_\_. *Pesquisa sobre Custo de Interrupção no Fornecimento de Energia Elétrica*. Relatório GCOI/SCel/GTAD - ELETROBRÁS. Rio de Janeiro, Mar. 1991, *apud* CABRERA, F. C. *Avaliação do Desempenho de Sistemas de Distribuição*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

\_\_\_\_\_. *Principais Conclusões, Interpretação e Aplicações da Pesquisa Sobre Custo de Interrupção*. Relatório GCOI/SCel/GTAD - ELETROBRÁS, Rio de Janeiro, Maio 1992, *apud* CABRERA, F. C. *Avaliação do Desempenho de Sistemas de Distribuição*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

GRUPO DE TRABALHO DE ESTUDOS ESPECIAIS (GTEE). *Custo de Interrupção de Referência*. GCOI - Subcomitê de Estudos Elétricos (SCel), Jan. 1988, *apud* CABRERA, F. C. *Avaliação do Desempenho de Sistemas de Distribuição*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

GHAJAR, R.; BILLINTON, R. e CHAN, E. Distributed Nature of Residential Customer Outage Costs. *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 11, n. 3, p. 1236 - 1244, Aug. 1996.

GOMES, P. e SCHILLING, M. T. Custo de Interrupção: Conceituação, Metodologia de Avaliação, Valores Existentes e Aplicações. *XIV SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica*, Belém, 1997.

GUIMARÃES, L. C. S. *O Custo da Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica*. Informativo CODI - Comitê de Distribuição de Energia Elétrica. Rio de Janeiro, Jan. 1986 *apud* SHIGA, A. A. *Avaliação de Custos Decorrentes de Descargas Atmosféricas em Sistemas de Distribuição de Energia*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

HIDEKI, E.; ROCHA, M. F.; MARCONDES, J.; FRONTEROTTA, S. E.; MAGALHÃES, C. H.; NETO, L. D. *et al.* Determinação do Custo de Interrupção de Energia Elétrica de Clientes Industriais AT/MT, *Anais do II Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica* – CITENEL, 2003.

IEEE. *IEEE Standard 1346-1998: IEEE Recommended Practice for Evaluating Electric Power System Compatibility With Electronic Process Equipment*, New York, May 1998.

KARIUKI, K. K. e ALLAN, R. N. Assessment of customer outage costs due to electric service interruptions: residential sector. *IEE Proceedings - Generation, Transmission, Distribution*, v. 143, n. 2, Mar. 1996a.

KARIUKI, K. K. e ALLAN, R. N. Factors affecting customer outage costs due to electric service interruptions. *IEE Proceedings - Generation, Transmission, Distribution*, v. 143, n. 2, Nov. 1996b.

KENNEDY, B. W. *Power Quality Primer*. New York: McGraw-Hill, 2000.

KHAN E. Determination of Worth of Reliability for Better System Planning and Uses of System Resources. *Final Report, ESAA/ERDC Project No. PN2420/95008*, Feb. 1997, *apud* CIGRE. *Methods to Consider Customer Interruption Costs in Power System Analysis*. CIGRE Task Force 38.06.01, Final Report, Aug. 2000.

KHAN E. e CONLON M.F. Report on Consultancy: Value of Lost Load Study for the Victorian Power Exchange. *CEPE Report No. 1997-C-10*, Monash University, Aug 1997, *apud* CIGRE. *Methods to Consider Customer Interruption Costs in Power System Analysis*. CIGRE Task Force 38.06.01, Final Report, Aug. 2000.

KJØLLE, G. H.; HOLEN, A. T.; SAMDAL, K. e SOLUM, G. Adequate interruption cost assessment in a quality based regulation regime. *IEEE Porto Power Tech Conference*, Sept. 2001.

KOS, P.; BILLINTON, R. e WACKER, G. Cost of Electric Power Interruptions in the Agricultural Sector – Statistical Analysis. *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 6, n. 4, Nov. 1991.

LEBORGE, R. C. *Uma Contribuição à Caracterização da Sensibilidade de Processos Industriais Frente a Afundamentos de Tensão*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.

LEFÉVRE, M. A. e SILVEIRA, J. R. Blackouts - Causas e Reflexos Sobre a Sociedade. *XIV SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica*, Belém, 1997.

LEITE, J. R.; FILHO, A. D. e OLIVEIRA, M. A. Uma Metodologia para Avaliação dos Custos de Interrupção e de Eventos de Qualidade de Energia. *VI SBQEE - Seminário Brasileiro Sobre Qualidade da Energia Elétrica*, Belém, Ago. 2005.

MAGALHÃES, C. H.; GOUVÊA, M. R.; SILVA, F. A.; TAHAN, C. M. V. e FILHO, L. G. A. Avaliação do Custo Social de Interrupção do Fornecimento de Energia Elétrica do Lado da Demanda no Estado de São Paulo. *XVI SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica*, Campinas, 2001.

MAGALHÃES, C. H. Custo Social de Interrupção de Energia Elétrica para o Estado de São Paulo. *Relatório CSPE/ANEEL*, São Paulo, Jun. 2000.



MALHOTRA, N. K. *Pesquisa de Marketing: Uma Orientação Aplicada*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MANKIW, N. G. *Introdução à Economia*. 3. ed. São Paulo: Thomson, 2006

MASSAUD, A. G.; HERNANDEZ, J. R.. e SCHILLING, M. T. Electricity interruption costs in Brazil. *9th Brazilian Congress of Automatic Control*, Vitória, 1992.

MASSAUD, A. G.; SCHILLING, M. T. e HERNANDEZ, J. P. Electricity Restriction Costs. *IEEE Proceedings - Generation, Transmission, Distribution*, v. 141, n. 4, July 1994.

MATTAR, F. N. *Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

\_\_\_\_\_. *Pesquisa de Marketing: Execução e Análise*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

MELO, M. O. e CAVALCANTI, G. A. Avaliação do Impacto da Qualidade de Energia Elétrica no Mercado e na Produção Industrial - Análise e Metodologia. V *SBQEE - Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica*, Aracaju, 2003.

MENDES, P. D.; SILVA, C. V. e SANTANA, E. A. Nota Técnica nº 118/2003-SEM/ANEEL, Ago. 2003.

MUNASINGHE, M. *The economics of power system reliability and planning: theory and case study*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1979, *apud* SANTOS, C. C. *Custos das Interrupções de Energia Elétrica: Estado-da-Arte e Aplicação ao Planejamento de Sistemas de Distribuição*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 1988.

NEUDORF, E. G.; KIGUEL, D. L.; PORRETTA, B.; STEPHENSON, W. M.; SPARKS, R. W.; LOGAN, D. M. *et al.* Cost-benefit Analysis of Power System Reliability: Two Utility Case Studies. *IEEE Transactions on Power System*, v. 10, n. 3, Agu. 1995.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). *Procedimentos de Rede*. Disponível em: <http://www.ons.org.br/procedimentos>. Acesso em: 07 Ago. 2007.

PANDEY, M. e BILLINTON, R. Reliability Worth Assessment in a Developing Country - Commercial and Industrial Survey Results. *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 14, n. 4, p. 1232 – 1237, Nov. 1999.

SAMDAL, K.; KJØLLE, G. H.; SINGH, B. e KVITASTEIN, O. Interruption Costs and Consumer Valuation of Reliability of Service in a Liberalised Power Market. *PMAPS 2006 - International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems*. Jun. 2006.

SAMDAL, K.; KJØLLE, G. H.; SINGH, B. e TRENGEREID, F. Customers' Interruption Costs – What's the Problem? *CIREN - International Conference on Electricity Distribution*, Barcelona, May 2003.

SANTOS, C. C. *Custos das Interrupções de Energia Elétrica: Estado-da-Arte e Aplicação ao Planejamento de Sistemas de Distribuição*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 1988.

SHIGA, A. A. *Avaliação de Custos Decorrentes de Descargas Atmosféricas em Sistemas de Distribuição de Energia*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SILVA, A. M. L.; PEREZ, G. A.; LIMA, J. W. M. e MELLO, J. C. O. Utilização dos Custos de Perda de Carga na Expansão de Sistemas de Geração. *XIV SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica*, Belém, 1997.

SUBRAMANIAM, R. K.; BILLINTON, R. e WACKER, G. Understanding Industrial Losses Resulting from Electric Service Interruptions. *IEEE Transactions on Industry Applications*, v. 29, n. 1, Jan./Feb. 1993a.

SUBRAMANIAM, R. K.; WACKER, G e BILLINTON, R.. Understanding Commercial Losses Resulting from Electric Service Interruptions. *IEEE Transactions on Industry Applications*, v. 29, n. 1, Jan/Feb. 1993b.

SULLIVAN, M. J.; VARDELL, T.; SUDDETH, B. N.; e VOJDANI, A. Interruption Costs, Customer Satisfaction and Expectations for Service Reliability. *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 11, n. 2, May 1996.

SULLIVAN, M. J.; VARDELL, T. e JOHNSON M. Power Interruption Costs to Industrial and Commercial Consumers of Electricity. *IEEE Transactions on Industry Applications*, v. 33, n. 6, Nov/Dec. 1997.

SULLIVAN, M. J. e SHEEHAN M. Observed Changes in Residential and Commercial Interruption Costs in the Pacific Northwest Between 1989 and 1999. *IEEE Power Engineering Society Summer Meeting*, v. 4, July 2000.

TEIXEIRA, C. D. e TAKIGUCHI, C. S. Impacto Econômico de Problemas de Qualidade de Energia em Indústria Automobilística. *VI SBQEE - Seminário Brasileiro Sobre Qualidade da Energia Elétrica*, Belém, Ago. 2005.

TOLLEFSON, G.; BILLINTON, R.; WACKER, G.; CHAN, E. e AWEYA, J. A Canadian customer survey to assess power system reliability worth. *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 9, n. 1, Feb. 1994.

VAZ, O. R. *Avaliação Integrada de Confiabilidade em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica: Uma Contribuição para o Gerenciamento de Metas de Indicadores de Continuidade*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

WACKER, G. e BILLINTON, R. Customer Cost of Electric Service Interruptions. *Proceedings of the IEEE* v. 77, n. 6, Jun. 1989.

WANG, P. e BILLINTON, R. Reliability Cost/Worth Assessment of Distribution Systems Incorporating Time-Varying Weather Conditions and Restoration Resources. *IEEE Transactions on Power Delivery*, v. 17, n. 1, Jan. 2002.

SULLIVAN M. J.; VARDELL T.; SUDDETH B. N. e VOJDANI A. Interruptions Costs, Customers Satisfaction and Expectations for Service Reliability. *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 11, n. 2, p. 989 – 996, May 1996.